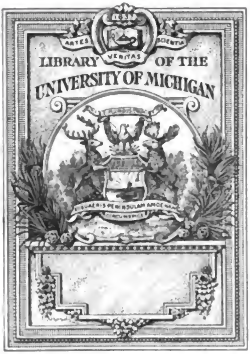
	Entnahmestelle	Datum der Probeentnahme	Abdampfrückstand mg	Glühverlust mg	Sauerstoffgehalt mg	NH_3	Cl' mg	NO_3'	NO_2'	H_2S	Oxydierbarkeit 1 l verbraucht mg O	Temperatur des Wassers °
	Orla.											
1	Zwischen Molbitz und Neustadt (Kolesch) . . .	9. 9. 04	345	110	6,7	0	15	0	0	0	4,2	12,7
2	in Neustadt, Orla . . .	9. 9. 04	510	120	0,0	+		0	0	0	93,5	
3	in Neustadt, Mühlgraben	9. 9. 04	365	90	4,2	+		0	0	0	28,1	13,5
4	Orla und Mühlgraben vereinigt (Ehrlichsmühle) .	9. 9. 04	490	110	1,2	+		0	0	0	32,4	14
5	in Neunhofen	8. 9. 04			1,4	+		0	0	0	20,6	
6a	in Kolba	8. 9. 04	370	85	1,9	+	17	0	0	0	17,6	14
b			358	98	0,9	+	18	0	0	0	25,7	
7	in Rehmen									0		
8	vor der Vereinigung mit der Kötschau	3. 9. 04			3,5					0	12,8	
	Kötschau.											
9	in Oepitz, oberhalb Pößneck	5. 9. 04			6,0	0		Spur	0	0	2,2	
10	in Oepitz, b. Gipsfabrik, Schlettweiner Bach . .	5. 9. 04			7,0						4,5	
11	in Pößneck, Eintritt in die Stadt	5. 9. 04			5,6						5,4	14,5
12a	in Pößneck, Gasanstalt .	5. 9. 04 V.			0,7						16,5	13,6
b		N			0,7						34,6	
	Orla.											
13	Orla und Kötschau vereinigt (Köstitzer Brücke)	3. 9. 04	695	470	0,2	+	18	0	0	Spuren		19
14	in Klein-Dembach . . .	3. 9. 04	670	155		+	35	0	0	+		
15	in Freienorla, oberhalb der Mühle	3. 9. 04	450	110	4,3					+		
16	150 m oberhalb der Einmündung in die Saale . .	3. 9. 04	490	170	1,5	+		0	0	0		15,5
	Saale.											
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	46,1	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	22,1	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	126	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0	111	16,9
b		3. 9. 04	396	165	4,6	+	48	0	0	0	54,8	
20a	in Klein-Eutersdorf . . .		448	184	3,6	+	17	0	0	0	55,3	18,5
b	in Groß Eutersdorf . . .	3. 9. 04	434	172	3,7	+	16	0	0	0	56,5	18,5


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ARBEITEN

AUS DEM

KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE.

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.)

ACHTUNDZWANZIGSTER BAND.

MIT 1 TAFEL UND IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1908.

Inhalts-Verzeichnis.

Erstes Heft. Ausgegeben im März 1908. Seite

Zweites Heft. Ausgegeben im Mai 1908.

Bericht über die Ergebnisse der 2. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (30. April bis 12. Mai 1906).

Von

Professor **Dr. R. Lauterborn.**

Während die 1. biologische Untersuchung des Oberrheins vom 2. bis 14. Oktober 1905 durch den hohen Pegelstand des Stromes sowie die Ungunst der Witterung vielfach beeinträchtigt worden war, zeigten sich bei der 2. Untersuchung vom 30. April bis 12. Mai 1906 im allgemeinen mehr normale, der Jahreszeit entsprechende Wasserverhältnisse. Ihnen ist es zu verdanken, wenn dieses Mal über Intensität und Ausdehnung einiger Abwässer (z. B. der Baseler) ein besserer Einblick gewonnen werden konnte, als dies bei den trüben Fluten des Rheines im Oktober 1905 möglich war.

I. Rheinstrecke Hüningen-Neuenburg (30. April 1906).

Bei der Kahnfahrt von Basel nach Hüningen am Morgen des 30. April 1906 ließ sich, von Kleinbasel ausgehend, im Rheine entlang des rechten Ufers ein breiter dunkler Schmutzstreifen verfolgen, der zahlreiche Abfälle (Papier, Gemüse, Blattreste usw.) mit sich führte. Der Streifen trat noch weit deutlicher in Erscheinung als im Oktober 1905. Das Wasser des hier einmündenden Wiese-Flusses war klar.

Die Verunreinigung des Rheines bei Hüningen.

Bei der Schiffbrücke Hüningen, wo der hier etwa 200 m breite Rhein mit einer Geschwindigkeit von 2,8—3 m in der Sekunde dahinströmte, betrug die Temperatur des Wassers 7,5° C., die der Luft 11,1° C. Der Pegel stand auf 2,11 m. Bei der Schiffbrücke wurde das

Biologische Profil des Rheines bei Hüningen

aufgenommen.

Rechtes Ufer. Entlang des rechten Ufers zieht sich in einer Breite von etwa 25 m — also etwa $^1/_8$ der ganzen Strombreite! — ein dunkler Streifen trüben schmutzigen Wassers hin. Das Planktonnetz, 2 Minuten ausgeworfen, ergibt einen sehr reichen Rückstand von braungrauer Farbe. Während der etwa 2stündigen Untersuchung nahm die Intensität der Verschmutzung augenfällig zu: gegen 11 Uhr erschien das Wasser fast tintenschwarz und führte noch mehr gröbere Abfälle mit sich als am Morgen.

Der Rückstand im Planktonnetz bestand zum größten Teil aus organischem Detritus, meist aus den Abwässern von Basel stammend. Recht reichlich waren auch mineralische Beimengungen, besonders Partikel von kohlensaurem Kalk; viel spärlicher erschienen im Vergleich zu den Detritusmengen die eigentlichen Planktonorganismen, etwas reichlicher waren nur die Diatomeen vertreten.

Als Rückstände der Baseler Abwässer erwiesen sich vor allem: Mengen von Stärkezellen der Kartoffel, Reste von Gemüsen, Kaffeesatz, Fettropfen, Zellulosefasern, meist blau gefärbte Textilfasern, blaue Farbstoffflitter, Haare, durch Gallenfarbstoffe gelb gebeizte Muskelfasern.

Mitte des Stromes. Das Wasser ist ziemlich klar; der Rückstand in dem ebenfalls 2 Minuten exponierten Planktonnetz beträgt nur etwa $^2/_3$ desjenigen vom rechten Ufer; die Farbe ist gelbbraun. Reste der Abwässer sind hier seltener als am rechten Ufer.

Linkes Ufer. Das Wasser ist etwas getrübt, aber lange nicht so stark wie am rechten Ufer; die Trübung flaut gegen die Mitte des Stromes bald ab. Der Rückstand im Planktonnetz ähnelt in Quantität und Farbe demjenigen der Strommitte. Reste der Baseler Abwässer zahlreicher als in der Mitte.

Ließen sich somit im Stromprofil des Rheines bei Hüningen je nach der Entnahmestelle Verschiedenheiten in der Masse der Detritusführung erkennen, so war dies in bezug auf die Planktonorganismen nicht der Fall. Sie erschienen, soweit dies ohne Zählung zu beurteilen war, durch die ganze Breite des Profils in annähernd gleicher relativer Häufigkeit vertreten. Diese Tatsache kann nicht überraschen. Denn das Plankton des Rheins bei Hüningen stammt, wie ich schon früher zeigen konnte, aus dem Bodensee, sowie den Schweizerseen, welche durch die Aare entwässert werden, in erster Linie aus dem Züricher See. Es ist auf seinem weiten Transporte durch die reißenden Fluten so gründlich durcheinander gemengt worden, daß eine einseitige Anreicherung an einem Ufer ausgeschlossen ist, während die Abwasserreste, die nur 3 km oberhalb eingeführt wurden, in dem nur wenig gekrümmten Stromlauf noch kaum Gelegenheit hatten, sich gleichmäßig durch die ganze Breite des Profils zu verbreiten.

Aus dem eben mitgeteilten Grunde dürfte es auch gerechtfertigt erscheinen, wenn ich die Planktonorganismen gemeinsam, d. h. also nicht nach den einzelnen Profilstellen getrennt, aufführe.

Plankton des Rheins bei Hüningen.

Algen.

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens mehr einzeln.

Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima häufig,
Fragilaria crotonensis ziemlich häufig,
Synedra delicatissima ziemlich häufig,
Melosira crenulata var. häufig,
Stephanodiscus astraea nicht selten,
Cyclotella bodanica einzeln.

Protozoen.

Heliozoen. Acanthocystis lemani sehr einzeln.
Flagellaten. Eudorina elegans ziemlich einzeln,
Dinobryon cylindricum mehr einzeln,
Dinobryon sertularia einzeln,
Dinobryon divergens einzeln,
Ceratium hirundinella einzeln,
Peridinium alatum sehr einzeln.

Rotatorien.

Synchaeta tremula einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
Anuraea cochlearis var. macracantha sehr einzeln,
Notholca longispina sehr einzeln,
Notholca foliacea sehr einzeln.

Crustaceen.

Cyclops-Nauplien sehr einzeln.

Diesen eigentlichen Planktonorganismen waren Boden- und Uferformen in recht beträchtlicher Menge beigemischt; meist Pflanzen und Tiere, die normalerweise entweder an Steinen usw. festsitzen oder am Grunde zwischen Pflanzen leben und die durch die reißende Strömung losgerissen und fortgeschwemmt wurden. Dazu gehörten von Algen: Chantransia-Äste recht häufig, Cladophora glomerata häufig, oft mit Pilzfäden besetzt, Ulothrix zonata nicht selten, Zweigwirtel von Batrachospermum. Von Diatomeen: Ceratoneis arcus sehr häufig, Synedra ulna, große Gomphonema auf langen Gallertstielen. Von Protozoen besonders die Gallertschläuche der früher zu den Algen gezählten Flagellate Hydrurus foetidus, dann kleine Kolonien von Epistylis spec., Cyphoderia margaritacea, Difflugia usw. Von Rotatorien: Furcularia Reinhardti, Rotifer vulgaris, Metopidia solida, Colurus bicuspidatus. Dazu noch Nematoden und vereinzelte Chironomus-Larven.

Von eigentlichen Abwasserorganismen wurden im Plankton des Rheines bei Hüningen nur mikroskopische Räschen von Sphaerotilus natans, einzelne Schimmelpilze und Bakterien-Zoogloeen beobachtet.

Ufer.

Da es sich bei der reißenden Strömung des Rheines als kaum möglich erwies, mit dem Schleppnetz Grundproben aus der Tiefe heraufzubefördern, wurden die Boden-Untersuchungen auf die Ufer beschränkt.

Am rechten Ufer waren die Steine mit einem grauweißen Belag von kleinen etwa 1 cm hohen Sphaerotilus-Rasen bekleidet. Zwischen dem Gewirre der meist etwas inkrustierten Pilzfäden hatten sich viele Planktonorganismen verfangen (z. B. Oscillatoria rubescens, Cyclotellen, dann Melosira, Ulothrix, Synedra usw.). Bakterien waren in

Massen vorhanden. Von Tieren fanden sich — meist an der Unterseite der Steine — vor: von Schnecken Ancylus fluviatilis, von Insekten Larven von Elmis, Perla, Polycentropus, Rhyacophila, Hydropsyche, Chironomus in Gallertpolstern. Außerdem noch einzelne Hydrachniden. Von Würmern Chaetogaster und, besonders an glatten gerollten Steinen, Nephelis vulgaris mit Kokons.

Am linken Ufer in etwas stillerem Wasser gelang es, aus etwa 1,3 m Tiefe kopfgroße gerollte Steine heraufzubringen. Dieselben waren mit kleinen Räschen von Cladophora glomerata und Hydrurus foetidus bewachsen; die seltene Braunalge Lithoderma fontanum bildete kleine olivenbraune Flecken. Das Tierleben war schwach entwickelt: nur Gammarus pulex, Hydropsyche, Hydrachniden waren zu finden.

Pontons der Schiffbrücke.

Da die Pontons einige Zeit vorher gereinigt worden waren, zeigten dieselben einen nur sehr schwachen Besatz von Algen, speziell Cladophora glomerata. In den flutenden grünen Rasen derselben hatten sich, wie dies auch schon Oktober 1905 konstatiert wurde, neben Planktonorganismen auch Reste der Baseler Abwässer verfangen, so vor allem blaue Textilfasern, Zellulosefasern und kleine Räschen von Sphaerotilus. —

Nach Erledigung der Untersuchungen bei der Schiffbrücke Hüningen wurde gegen Mittag die Fahrt zu Tal fortgesetzt. An folgenden Stationen wurde der Zustand des Stromes untersucht:

2 Kilometer unterhalb Hüningen. Der Schmutzstreifen am rechten Ufer noch sehr deutlich, ziemlich intensiv, etwa 45—50 m breit. Zahlreiche treibende Blattreste, Papier usw. sowie große Rasen von Cladophora glomerata. Im Plankton ist kaum eine Verschiedenheit gegenüber Hüningen zu konstatieren; gelb gefärbte Muskelfasern noch vorhanden.

Rheinkilometer 5 (oberhalb Mündung der Kander). Plankton noch sehr reich an Abwasserresten (Stärkezellen usw.); der Rückstand im Netz von grauer Farbe. Mittags gegen 1 Uhr hat der Schmutzstreifen hier einen sehr deutlichen Geruch.

Die hier einmündende, vom Schwarzwald kommende Kander wurde ebenfalls untersucht und völlig frei von Abwasserresten befunden. Planktonorganismen fehlten, wie zu erwarten, dem Flüßchen völlig; der Rückstand im Netz bestand aus mineralischem Detritus, Holzfragmenten, losgerissenen Algen, Diatomeen usw.

Rheinkilometer 6. Plankton wie bei Kilometer 5; gelbe Muskelfasern noch nachweisbar.

Rheinkilometer 7,5. Trübung des rechten Ufers durch den Schmutzstreifen noch sehr deutlich, weniger intensiv als bei Kilometer 2, dafür aber fast bis zum linken Ufer reichend.

Rheinkilometer 11. Rückstand im Planktonnetz gelbbraun, nicht mehr grau wie weiter oben. Organischer Detritus spärlicher, mehr zerrieben wie weiter oben. Keine gelben Muskelfasern mehr gesehen, dagegen noch Stärkezellen usw.

Rheinkilometer 17 (bei Rheinweiler). Wasser des Stromes noch etwas getrübt, mit zahlreichen treibenden Blattfragmenten und Papierresten.

Rheinkilometer 23,6. Unterhalb einer ansehnlichen, mit Weidenanflug übergrünten Kiesbank im stillen Wasser gedredgt. Boden sandig-schlammig, an der Oberfläche mit ausgedehnten Diatomeenrasen mit Oscillarien durchwuchert, die durch die Sauerstoffproduktion sich in Gestalt unregelmäßiger Fetzen vielfach zum Wasserspiegel emporgehoben haben. Der Schlamm ist übelriechend und ergibt beim Sieben große Mengen von vegetabilischen Resten und besonders Zeitungspapier, das nur von den Baseler Abwässern herrühren kann. Hier hätten wir also eine Stelle, wo sich zum ersten Male eine Sedimentierung der Baseler Abwässer nachweisen ließ und zwar ca. 25 km unterhalb des Einlaufs der Abwässer in den Rhein. —

Von Altwässern des Stromes wurde auf dieser Strecke nur der Altrhein von Istein befahren. Das Plankton war ziemlich reichlich und bestand aus denselben Arten wie im offenen Rhein. Ausgelaugte Stärkezellen usw. beweisen, daß auch die Reste der Baseler Abwässer hier eingeschwemmt werden können und dann hier zur Sedimentierung gelangen.

Einwirkung der Baseler Abwässer auf den Rhein.

Versuchen wir aus diesen einzelnen Daten ein Gesamtbild von der Einwirkung der Baseler Abwässer auf den Strom zu gewinnen, so können wir etwa folgendes feststellen. Die Baseler Abwässer — und zwar solche der verschiedensten Art — gelangen zweifellos in recht beträchtlichen Mengen in den Rhein. Wenn dieselben bei der nur 3—4 km abwärts gelegenen Hüninger Schiffbrücke sich trotzdem biologisch am Ufer (z. B. durch üppigere Pilzwucherungen usw.) nicht so augenfällig manifestieren, als man nach ihrer Menge und Ausdehnung wohl erwarten dürfte, so liegt dies vor allem daran, daß die eingeführten Schmutzstoffe durch die mit großer Geschwindigkeit (bis 3 m in der Sekunde!) dahin eilenden Wellen des Stromes sofort verdünnt, stromab verteilt und über ein großes Gebiet hin ausgestreut werden. Daher einerseits die große Extensität, anderseits die vergleichsweise geringe Intensität der Verschmutzung. Von einer Sedimentierung kann im Talweg des Rheins bei der gewaltigen Stromgeschwindigkeit kaum die Rede sein; sie findet erst statt in den Seitenarmen, Strombuchten, sowie auch ganz besonders am unteren Ende der Kiesbänke im Stromlaufe selbst, wo immer stilleres Wasser ist, wie durch die oben mitgeteilten Beobachtungen von Kilometer 23,6 direkt nachgewiesen wurde.

II. Rheinstrecke Neuenburg-Breisach (1. Mai 1906).

Die Stromstrecke Neuenburg-Breisach enthält nirgends Abwässer von irgend welcher Bedeutung zugeführt und ist darum auch, nachdem die Baseler Abwässer aufgearbeitet sind, als rein zu bezeichnen. Das bei Neuenburg — bei Rheinkilometer 29 — gefischte Plankton enthielt kaum noch irgendwie erkennbare Reste von Abwässern, höchstens vielleicht noch einige von Papier stammende Zellulosereste und einige völlig ausgelaugte Kartoffelstärkezellen. Der organische Detritus war meist in Gestalt brauner Krümel vertreten.

Das eigentliche Plankton war auf dieser Strecke ebenso reich an Pflanzen und Tieren wie oben bei Hüningen. Unter den dem Plankton beigemengten Grundformen waren die losgerissenen Büschel und Zweige der Alge Cladophora glomerata besonders häufig. Bei dem fortschreitenden Zerfall und Absterben der im Wasser dahintreibenden Algenbruchstücke habe ich wiederholt beobachtet, daß einzelne Zellen zerbrochen und in diesem Zustande zylindrische Röhrchen von etwa 0,2—0,8 mm Länge und etwa 0,08—0,1 mm Durchmesser darstellten. In diesen, an einem Ende offenen Röhrchen sah ich mehrfach die ganze Innenwand der Zelle mit unzähligen Bakterien dicht besetzt, welche in den Resten des plasmatischen Zelleibes, sowie der verquellenden pektinhaltigen Membran einen ausgezeichneten Nährboden fanden. Ich erwähne diese kleine Beobachtung an dieser Stelle besonders darum, weil sie mir die Möglichkeit darzutun scheint, wie unter Umständen selbst empfindlichere pathogene Bakterien, welche sonst im reinen Wasser doch meist bald mehr oder weniger rasch absterben, völlig intakt und lebenskräftig auch auf größeren Strecken hin stromab verschleppt werden können. Eine derartige Bakterieninfektion abgestorbener Algenzellen beim Passieren konzentrierter Abwasserstrecken scheint mir gerade für Cladophora umsomehr im Bereich der Möglichkeit zu liegen, als diese Alge zu den häufigsten Bewohnern des strömenden Wassers gehört und ihre Bruchstücke im Rheine kaum jemals einer Planktonprobe fehlen.

Von Altwassern des Rheines wurden auf dieser Strecke die Altrheine bei Griesheim, Nambsheim und Breisach untersucht. Das Wasser derselben war sehr klar und durchsichtig und relativ recht arm an Plankton. Letzteres bestand hauptsächlich aus den Formen des strömenden Rheines, wie sie bei Hüningen aufgezählt wurden, untermischt mit Bodenformen, speziell Oscillarien, Diatomeen usw.

III. Rheinstrecke Breisach-Kehl (2. Mai 1906).

Bei der Schiffbrücke Breisach ergab sich am 2. Mai 1906 morgens 8 Uhr: Temperatur des Wassers: 8,4° C.; der Luft: 7,4° C.; Pegel: 2,43 m.

Die Pontons der Schiffbrücke bei Breisach waren dicht mit Wassermoosen (besonders Cinclidotus) bewachsen, denen kleine Räschen von Cladophora glomerata aufsaßen. Das Tierleben war recht reich entwickelt, vor allem durch Insektenlarven, wie kleine Larven von Perla, Rhyacophila, Chironomus; weiter Gammarus pulex.

Oberhalb und unterhalb der Brücke traten große Kiesbänke zutage. Da, wo das Wasser sehr seicht über das gerollte Geschiebe dahinströmte, zeigten sich an den Steinen außerordentlich üppige flutende Rasen von Cladophora glomerata.

Weiter stromab wurde zunächst untersucht:

Altrhein bei Sponeck.

In diesen mündet ein vielfach gewundener Graben, das „Blauwasser" genannt, welcher die Abwässer von Alt-Breisach aufnimmt. Reste derselben konnten indessen im Altrhein Sponeck nicht mehr nachgewiesen werden, was nicht weiter wundernehmen darf, da der Zufuhrgraben über 10 km lang und reich an Wasserpflanzen

ist. Das einzige, was zurzeit auf eine Einwirkung der Abwässer im Altrheine hindeuten könnte, ist die sehr üppige Vegetation höherer Wasserpflanzen, welche durch die Zufuhr gelöster organischer Substanz durch die Abwässer begünstigt erscheint. Besonders reich waren die Büsche der Laichkräuter (Potamogeton lucens, crispus, fluitans, natans) vertreten, dann Elodea canadensis, Batrachium divaricatum, sowie braune Diatomeen- und Oscillarien-Rasen am Boden. Die Tierwelt war relativ spärlich: Larven von Sialis lutaria, dann die Schnecke Valvata piscinalis, Corisa, Gammarus pulex, alle am Boden und zwischen den Pflanzen. Das Plankton war sehr ärmlich. —

Bei Rheinkilometer 74—76 — also in der Gegend von Wyhl — gelang es mit Hilfe des Schleppnetzes einen Einblick in die Beschaffenheit der Stromsohle zu gewinnen. Der Boden war hier in 2—7 m Tiefe mit faust- bis kopfgroßem gerollten Geschiebe bedeckt. Von Algen hatten sich an der glatten Oberfläche der Steine kleine Räschen von Cladophora glomerata angesiedelt sowie goldbraune, mehr fadenförmig ausgebildete Kolonien von Hydrurus foetidus. Die Tierwelt war durch Larven von Oligoneuria rhenana, einzelne Hydropsyche, Rhyacophila, dann durch Chironomidenlarven und Gammarus pulex vertreten.

Leopolds-Kanal.

Der Leopolds-Kanal ist ein künstlich geschaffener Wasserlauf, welcher als Ableitungskanal der vereinigten Elz und Dreisam dient. Sein Wasser war sehr dunkel gefärbt und setzte sich scharf von den grünen Fluten des offenen Rheines ab. Das Plankton — 500 m oberhalb der Mündung entnommen — erwies sich als sehr reich. Zunächst fanden sich zahlreiche Rheinplanktonformen (wie z. B. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides, Asterionella, Fragilaria crotonensis, Stephanodiscus astraea usw.), da oberhalb der Entnahmestelle ein Graben noch Rheinwasser zuführt. Besonders zahlreich waren die Bodenformen vertreten. So z. B. von Pilzen Flocken von Cladothrix dichotoma; von Algen Cladophora (meist abgestorben), Ulothrix zonata (meist mit Bakterien besetzt), Stigeoclonium, Closterium acerosum, Diatomeen; von Protozoen Arcella vulgaris, Cyphoderia margaritacea, Difflugia, Acanthocystis turfacea; von Rädertieren Rotifer vulgaris, Euchlanis triquetra, Diaschiza semiaperta, Colurus bicuspidatus, Metopidia solida, Notholca labis usw. Daneben sehr reichlich organischer Detritus von bräunlicher Farbe, Zellulosefasern usw., so daß es nicht wundernimmt, wenn dem Kanalwasser besonders gute Düngungskraft zugeschrieben wird.

Der Leopolds-Kanal ist sehr reich an Fischen, welche in den außerordentlich üppigen Büschen des flutenden Hahnenfußes (Batrachium fluitans) treffliche Unterstände und Weidegründe finden. Die Batrachiumbestände werden alljährlich gemäht, und das Kraut als milchgebendes Viehfutter verwendet; die abgeschnittenen Stengel treiben dann auch zahlreich den Rhein hinunter und sind noch bei Mannheim-Ludwigshafen vielfach angetrieben zu finden. —

Weiter abwärts wurde noch in den Altrhein eingefahren, welcher das Wasser der sog. „alten Elz“ aufnimmt. Auch deren Wasser ist dunkler als dasjenige des Rheinstromes, dabei völlig klar und recht arm an Plankton; etwas häufiger waren

nur die Bodenformen wie Oscillarien und einige Diatomeen (Melosira varians, Cymbella lanceolata usw.).

Bei Kilometer 98,7 fanden sich im stillen Wasser unterhalb einer ansehnlichen Kiesbank wieder die schon oben geschilderten Ablagerungen des sedimentierten zähen Rheinschlickes und auf diesem die braunen Diatomeenrasen. Von letzteren hatten sich durch die lebhafte Sauerstoffproduktion der Kieselalgen (Massen von Cymbella, kleine Synedren, Naviculeen) und Grünalgen (Ulothrix) große Fetzen losgerissen, welche stromab trieben und, langsam zerfallend, ihre Organismen im freien Wasser aussäten.

Bei der Rheinbrücke Ottenheim (Kilometer 105) zeigten die Steine, welche aus 1,5—2 m Tiefe zur Oberfläche befördert wurden, reiches Leben. Von Pflanzen fanden sich an ihnen Cinclidotus, Cladophora glomerata, Chantransia und Diatoma vulgare angesiedelt. Unter den Tieren überwogen die Insektenlarven (Trichopteren wie Hydropsyche, Rhyacophila, Brachycentrus, Ephemeriden, vor allem die seltsame, seltene Larve von Prosopistoma punctifrons, Perliden, Cyphonidenlarven). Dazu kamen von Strudelwürmern noch Planaria gonocephala, von Schnecken Neritina fluviatilis mit Eikapseln.

Planktonproben wurden auf der Strecke Breisach-Kehl entnommen bei Breisach, oberhalb der Mündung des Leopoldskanales, bei Ottenheim und. oberhalb Kehl. Dieselben waren alle sehr reich an mineralischem und organischem Detritus. Was die eigentlichen Planktonorganismen anbelangt, so glichen darin die einzelnen Fänge unter sich sowie dem Plankton bei Hüningen so sehr, daß ich von einer Aufzählung der einzelnen Formen wohl Abstand nehmen darf.

Auf Grund dieser Daten können wir als Gesamtergebnis aussprechen, daß die Stromstrecke Breisach-Kehl als durchaus rein zu betrachten ist; keiner der Zuflüsse führt Verunreinigungen von irgend welcher Bedeutung zu.

IV. Rheinstrecke Kehl-Maxau.

Schutterkanal bei Kehl (3. Mai 1906).

Wie im Oktober 1905 bot auch dieses Mal die Mündung des Schutterkanals das Bild einer hochgradigen Verschmutzung dar. Das Wasser erschien stark dunkel getrübt, geschöpft im Glase durchscheinend bräunlich, mit direkt sichtbaren Massen suspendierter Zellulose- und Textilfasern.

Überall im Bereiche des Schutterwassers waren die Ufersteine bedeckt mit großen knolligen Rasen eines Wasserpilzes, der sich durch sein verzweigtes Mycel und besonders durch seine gar nicht seltenen sichelförmigen Conidien (0,027—0,040 mm lang, 0,003—0,004 mm breit) als Fusarium aquaeductuum zu erkennen gab. Im Wasser erschienen die Pilzrasen graugelb, über dem Wasser mehr rötlich. Sie enthielten große Mengen von aufgefangenen Zellulosefasern sowie gefärbte Textilfasern, daneben einige leere Panzer von Diatomeen. Abwasserinfusorien fehlten hier fast völlig; auch Sphaerotilus wurde nicht gesehen.

Der ganze Boden der Mündung des Kanals war bedeckt mit mächtigen schwarzen Schlammablagerungen. Die aus denselben fortwährend aufsteigenden Gasblasen gaben

Zeugnis von der sehr ausgiebigen Methangärung der hier sedimentierten Zellulosefasern. Die Balken und Bohlen der Brücke enthielten neben mit Zellulosefasern durchsetzten Fusarium-Rasen auch einige Räschen von Sphaerotilus natans mit Abwasserorganismen, wie Paramaecium aurelia, Diplogaster und andere Nematoden.

Bei der Befahrung des Schutterkanals zeigten sich die Ufer weithin mit einem gelbgrauen Belag überkleidet, der hauptsächlich aus abgelagerten Zellulosefasern bestand; letztere bedeckten auch in dicker Schicht den Boden des Kanals, aus dem beim Einstoßen des Ruders Massen von Gasblasen aufstiegen. Wo irgendwie eine festere Unterlage wie Kieselsteine, Holz, Zweige der Uferpflanzen usw. Gelegenheit zum Festhaften bot, wucherten überall die schlüpfrigen, meist rötlich gefärbten, flutenden Rasen von Fusarium, dazwischen ansehnliche knollige Bakterien-Zoogloeen. Sphaerotilus kam hier nirgends zur Beobachtung.

Als Quelle dieser starken Verunreinigung kommen folgende bei Kehl liegende Fabriken in Betracht, die ihre Abwässer in den Schutterkanal leiten. Es sind dies in der Richtung stromauf:

I. Die chemische Fabrik Knobloch. Ihre Abwässer entströmten am 3. Mai 1906 als ziemlich dicke gelbbraune Brühe, die sofort stark alkalische Reaktion gab.

II. Eine Kunstwollefabrik, deren Abfälle das Ufer säumten. Reaktion der Abwässer neutral.

III. Eine Zellulosefabrik, welche ihre Abwässer durch zwei Dolen entläßt. Die Abwässer ergaben noch 50 m unterhalb ihrer Einmündung schwach saure Reaktion[1]).

Bis zur Mündung der Abwässerdolen der Zellulosefabrik ließen sich die Rasen von Fusarium verfolgen; oberhalb derselben war das Wasser des Schutterkanals klar und reich an submersen Wasserpflanzen, speziell Elodea canadensis. Damit ist sicher erwiesen, daß die enorme Verpilzung der Schutter in allererster Linie auf die Abwässer der Zellulosefabrik zurückzuführen ist.

Im strömenden Rhein war die Verpilzung bis zur Mündung der Kinzig wahrzunehmen. Noch ca. 200 m unterhalb der Schuttermündung waren die Ufersteine mit knolligen Fusariumrasen bedeckt. Kleinere Rasen saßen auch auf den Büschen der Wassermoose (Fontinalis antipyretica) in Gesellschaft von Sphaerotilus natans und Massen von Diatomeen, besonders Cymbella maculata, kleine Navicula-Arten, sowie eingefangenen Planktonformen wie Asterionella und Melosira crenulata.

Unterhalb der Kinzigmündung waren, jedenfalls wegen der beträchtlichen Zuführung reinen Wassers, keine Pilzrasen mehr nachzuweisen.

Kinzig.

Im Gegensatz zum Schutterkanal erwies sich die Kinzig als völlig frei von Abwasser-Organismen. Ihr Wasser war klar und erfüllt von meterlangen flutenden Büschen von Batrachium fluitans. Das Plankton, etwa 2 km oberhalb der Mündung

[1]) Zwischen I und II mündet noch ein Dolen von der Eisenbahn sowie ein solcher von der Pionierkaserne, deren Abwässer aber zur Zeit der Untersuchung recht unbedeutend waren.

entnommen, zeigte, wie zu erwarten, keine eigentlichen Planktonorganismen, dagegen viele Bodenformen, wie Cladothrix, Stigeoclonium, Ulothrix, Closterium acerosum, Diatomeenpanzer, besonders zahlreich Ceratoneis arcus, Meridion circulare, Colurus bicuspidatus, Chironomus-Larven. Die Menge des organischen Detritus war sehr beträchtlich. Bemerkenswert war das Vorkommen einer großen Floridee, nämlich Lemanea torulosa an Steinen am Grunde, einer Alge, die sonst nur die klaren kühlen Gebirgsbäche zu bewohnen pflegt.

V. Ill unterhalb Straßburg (4. Mai 1906).

Schon in meinem Berichte über die Ill-Untersuchung im Monat Oktober 1905 habe ich auf die sehr mangelhafte Klärung der Abwässer der Stadt Straßburg hingewiesen. Bei der diesmaligen Untersuchung, die ich gemeinsam mit dem Bakteriologen Herrn Professor Dr. Forster unternahm, lagen die Verhältnisse noch weit schlimmer: vor der Dolenmündung der Straßburger Abwässer schwammen zahlreiche Fäkalbrocken umher und trieben die Ill stromab; sie konnten hier noch 2 km unterhalb der Dolenmündung wahrgenommen werden! Im einzelnen ergab die Untersuchung der Ill am 4. Mai 1906 folgendes Bild der Verunreinigung und Selbstreinigung der Ill unterhalb Straßburg:

1. Ill oberhalb der Einmündung der Straßburger Abwässer (bei der Papiermühle). Typisches Rheinplankton, recht reichlich, durch den Kanal von Gerstheim zugeführt. Viele Bodenformen, besonders Diatomeen, Cladothrix. Organischer Detritus reichlich, meist bräunlich, krümelig. Keine besonders auffallenden Abwasserreste!

2. Mündung der Straßburger Abwässer. Wasser im höchsten Grade verunreinigt, viele treibende Fäkalbrocken, Papierreste usw. An den Holzbalken dichte Rasen von Sphaerotilus, untermischt mit enormen Mengen von Bakterien; gelb gebeizte Muskelfasern nicht selten. Von Abwasserinfusorien Colpidium colpoda, Paramaecium caudatum.

3. 300—500 m unterhalb des Straßburger Abwässerdolens. Boden des Flusses mit Kieseln bedeckt. Diese mit sehr üppigen Sphaerotilus-Rasen. Dazwischen gelbe Muskelfasern, einige Diatomeen (Synedra ulna) und Rädertiere (Rotifer vulgaris). Gröbere Fauna vertreten durch Massen von Nephelis vulgaris mit Kokons, einzelne Clepsinen, Schnecken, wie Limnaeus ovatus und L. auricularius mit Laich. Massen von Tubificiden. Gammarus fluviatilis nicht selten.

4. 2 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Kiesel am Boden immer noch sehr üppig mit Sphaerotilus bewachsen; daneben kleine Räschen von Cladophora. Nephelis massenhaft, ebenso Limnaeus mit Laich. Von Muscheln Sphaerium corneum zahlreich; von Würmern Dendrocoelum lacteum. Bei der Brücke Rupprechtsau-Bischheim beginnen die Büsche von Batrachium fluitans aufzutreten. Im Wasser viel treibende Sphaerotilus-Flocken.

5. 5—6 km unterhalb Straßburger Abwässerdolen (2 km unterhalb Bischheimer Dolen). Die Bänke von Batrachium fluitans werden zahlreicher, meist

dicht mit Sphaerotilus bewachsen; dazwischen viele Diatomeen (Diatoma vulgare sehr häufig, Synedra ulna, Navicula) und viele Oscillarien. Neben Batrachium erscheinen Büsche von Laichkräutern (Potamogeton natans und crispus); am Boden die frischgrünen jetzt noch faltigen Blätter von Nuphar luteum. Die Sohle des Flusses mit Massen von Sphaerotilus bedeckt, deren Üppigkeit wohl durch den Einfluß der Bischheimer Brauereiabwässer verstärkt wird. Grobe Fauna ähnlich wie bei 2 km.

6. 7—8 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Am Grunde Bänke von Batrachium. An diesen Sphaerotilus immer noch recht häufig, aber gegen Station 5 doch merklich zurücktretend. An Steinen, Pflanzen usw. viele Spongillen (Ephydatia fluviatilis) in dicken Krusten und Polstern; Nephelis, Limnaeus, Clepsine. Sphaerium usw. häufig.

7. Plankton beim Wanzenauer Wehr. Plankton mit großen Mengen von bräunlichem organischem Detritus, Zellulosefasern nicht selten. Stärkezellen nur sehr vereinzelt, Muskelfasern nicht beobachtet. Sehr viele treibende Flocken von Sphaerotilus; Zoogloeen von Bakterien nicht selten. Planktonorganismen wie bei Station 1.

8. 9—10 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Neben Batrachium treten einzelne Büsche von Ceratophyllum demersum auf. Fauna sehr reich: besonders zahlreich Asellus aquaticus, Gammarus fluviatilis, Limnaeus auricularius, Paludina fasciata, Sphaerium corneum, Nephelis usw.

9. 11 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen. Die Sphaerotilus-Rasen an Batrachium nur noch als kleine Strähne ausgebildet, gegen oben quantitativ sehr zurücktretend. Boden des Flusses von ganz gewaltigen Mengen von Asellus aquaticus, Gammarus, Nephelis, Limnaeus usw. bevölkert.

10. 12,6 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässerdolen. 1 km unterhalb der Brücke von Wanzenau. Im Plankton viele treibende mikroskopische Sphaerotilus-Flocken. Zoogloea ramigera nicht selten; gelbe Muskelfasern und Kartoffelstärkezellen einzeln; wohl von Wanzenau stammend?

Am Ufer usw. Räschen von Sphaerotilus (festsitzend) fast verschwunden. An Kieseln des Bodens die Algen Hildenbrandia rivularis und Lithoderma fontanum als rote und braune Krusten. Tierleben sehr reich; besonders zahlreich Gammarus pulex, dann Trichopterenlarven, wie Hydropsyche, Hydroptila. Von Schnecken die reineres Wasser bevorzugende Neritina fluviatilis mit Eikapseln; dann Schalen von Dreyssensia polymorpha und Unio batavus. An seichteren Stellen nahe dem Ufer braune Diatomeen- und Oscillarienrasen, von denen zahlreiche Fetzen sich loslösen und stromab treiben.

11. 14,6 km unterhalb der Straßburger Abwässerdolen (3 km unterhalb Wanzenau). Im Plankton Sphaerotilus-Flöckchen nicht selten; Zoogloea ramigera und gelbe Muskelfasern einzeln.

12. Strömender Rhein 4—500 m unterhalb Mündung der Ill (15 m vom Ufer). Im Plankton treibende Sphaerotilus-Flocken nicht selten, auch ausgelaugte Zellen der Kartoffel. Viele treibende braune Oscillarien- und Diatomeenwatten, aus der Ill stammend.

Zusammenfassung.

Vergleichen wir die hier niedergelegten Befunde mit denjenigen vom Oktober 1905, so ergibt sich als wichtigstes Resultat, daß die Selbstreinigung der Ill im Mai 1906 weniger zufriedenstellend war als im Oktober 1905; die Vegetation von Sphaerotilus erstreckte sich viel weiter abwärts als bei der ersten Untersuchung. Ich erblicke den Grund für diese Verhältnisse nicht so sehr in der immerhin möglichen stärkeren Konzentration der Abwässer (vergl. die Fäkalbrocken bis 2 km unterhalb der Straßburger Abwasserdolen!), sondern vor allem in dem Umstand, daß im Mai 1906 die Vegetation der Wasserpflanzen im Vergleich zu derjenigen vom Oktober 1905 noch relativ wenig entwickelt war. Schon in meinem ersten Berichte habe ich bei der Schilderung der Ill ganz besonders darauf hingewiesen, welche bedeutsame Rolle hier die Wasserpflanzen bei der Selbstreinigung des Flusses spielen, nicht nur durch ihre Sauerstoffproduktion, sondern in hervorragendem Maße auch durch ihre „Absorptionsfähigkeit", d. h. ihre Fähigkeit, mit Hilfe ihrer meist vielfach geteilten Blätter das durchströmende Wasser gewissermaßen zu filtrieren, die treibenden suspendierten Schmutzpartikel festzuhalten und der Verarbeitung durch die Kleintierwelt preiszugeben. Ist diese Anschauung richtig, so ist zu erwarten, daß zu einer Zeit, wo die Pflanzenwelt des Wassers am üppigsten ist, auch die Selbstreinigungskraft dementsprechend gesteigert sein muß. Die Probe auf dies Exempel wird demnach die Untersuchung im Hochsommer ergeben. —

Bei der Talfahrt Kehl-Maxau am 5. Mai wurde bei der Schiffbrücke bei Greflern das Plankton des Stromes untersucht. Abwasserreste konnten nicht mehr nachgewiesen werden.

Bei der Schiffbrücke Plittersdorf befand sich wieder eine große Kiesbank, an deren unterem Ende der im stilleren Wasser sedimentierte Schlick mit den charakteristischen braunen Diatomeen- und Oscillarienrasen bedeckt war. Von Diatomeen war hier besonders häufig Navicula cuspidata, Cymatopleura solea, zahlreiche Synedra und Nitzschia, Cymbella usw., von Protozoen Massen von kleinen Amöben, Paulinella chromatophora, Pamphagus mutabilis, Euglena, Anisonema grande und andere farblose Flagellaten.

Von Altwassern des Rheines wurde auf dieser Strecke der große pflanzenreiche Altrhein von Illingen (gegenüber Lauterburg) untersucht. Sein Plankton war recht spärlich, besonders an Formen des Rheines. Das gesammelte Material bestand zum größten Teil aus Bodenformen von Diatomeen, unter denen Cymatopleura solea durch besondere Häufigkeit hervorragte.

VI. Rheinstrecke Maxau-Speyer (7. Mai 1906).

Pegel des Rheins bei Maxau am Morgen des 7. Mai: 4,06 m steigend (am 5. Mai 3,79 m). Temperatur des Wassers 12,3° C.

In der Nähe von Maxau, auf dem rechten Ufer des Stromes, entleert eine Zellulosefabrik ihre Abwässer in den Rhein. Das unterhalb der durch aufquellende

braune Wolken gekennzeichneten Dolenmündung gefischte Plankton enthielt Massen von Zellulosefasern, aber noch keine Reste von Abwasserorganismen. Auch am Ufer konnte keine Pilzentwicklung nachgewiesen werden.

Die Alb bei Karlsruhe.

Das Hauptinteresse des heutigen Tages konzentrierte sich wieder auf die Alb, welche die Abwässer von Karlsruhe aufnimmt.

Die Untersuchung begann über 2 km oberhalb der Mündung des Alb-Altrheins, bei dem sog. „Jägersteig".

An dieser Stelle bot der Abfluß das Bild einer außerordentlich starken Verschmutzung dar. Das Wasser, dunkel staubartig getrübt, mit zahllosen treibenden Pilzfladen. Die letzteren enthielten neben ungeheuren Mengen von Bakterien, zahllose Sphaerotilus-Rasen, auch viele Leptomitus lacteus sowie Zoogloea ramigera; daneben Stiele von Carchesium (wohl C. Lachmanni) und Abwasserreste aller Art, wie besonders Stärkezellen der Kartoffel, aus Fäkalien stammende gelbe Muskelfasern, Papierreste, Textilfasern usw. Sphaerotilus und Leptomitus erfüllten das Wasser auch als treibende Flocken.

Am Ufer zeigten sich überall schwarze stinkende halbflüssige Schlammbänke, aus denen fortwährend Gasblasen aufstiegen. Die Oberfläche des Schlammes war weithin grün gefärbt durch Massen von Euglena viridis. Neben dieser Flagellate, welche das ärgste Schmutzwasser (Jauchegruben, Straßengräben usw.) verträgt, fanden sich noch zahlreiche andere Abwasserorganismen, wie Colpidium colpoda, Chilodon cucullulus, dann Navicula cuspidata, Synedra ulna, einzelne Oscillaria limosa, Closterium acerosum. Gelbe Muskelfasern waren auch hier nachweisbar.

Weiter stromab waren auf große Strecken hin die in das Wasser ragenden Zweige und Wurzeln der Weiden mit langen schmutzig-weißen Strähnen von Leptomitus lacteus behangen; treibende Flocken dieses Abwasserpilzes untermischt mit solchen von Sphaerotilus erfüllten das freie Wasser. Etwa 1 km unterhalb des Jägersteiges begannen neben den Pilzfladen auch solche von Oscillarien, meist schwarzgrün gefärbt; sie wurden stromab immer häufiger und bedeckten an stilleren Stellen die Oberfläche des Wassers beinahe völlig. Von Organismen fanden sich in diesen Oscillaria-Rasen:

Oscillaria limosa massenhaft,
Euglena viridis häufig,
Colpidium colpoda sehr häufig,
Spirostomum ambiguum häufig,
Paramaecium caudatum häufig,
Chilodon cucullulus häufig,
Stentor polymorphus nicht selten,
Rotifer vulgaris nicht selten.

Beim Hinabtreiben zerfallen die Fladen meist mehr oder weniger und säen dann ihre Organismen, Detritus usw. in das freie Wasser aus. So ergab das

Plankton der Alb nahe der Mündung in den Rhein

folgende Bestandteile:

Eigentliche Planktonorganismen spärlich: Fragilaria crotonensis, Dinobryon sertularia nicht selten, Synchaeta pectinata, Polyarthra platyptera, Anuraea cochlearis einzeln. Enorme Mengen von graubraunem Detritus mit sehr zahlreichen Abwasserorganismen, wie Sphaerotilus und Leptomitus, Zoogloea ramigera und eine knollige millimetergroße Zoogloea, Carchesium-Stiele, Paramaecium putrinum, Chilodon cucullulus, Nematoden usw. Von Abwasserresten viele ausgelaugte Stärkezellen, Haare, Zellulosefasern, Textil- und Wollfasern usw.

Mit dem Wasser der Alb werden die Pilz- und Oscillarienfladen auch in den strömenden Rhein getrieben. Bei der starken Strömung des Rheins und durch den Wellenschlag werden die Fladen aber bald zerteilt und aufgelöst: die letzten Pilzfladen wurden etwa 300 m unterhalb der Albmündung beobachtet, die gallertreicheren Oscillarienfladen hielten sich etwas länger.

Es war von Interesse zu beobachten, wie relativ wenig doch bei dem gegenwärtigen Pegelstande der strömende Rhein durch die Abwässer der so stark verunreinigten Alb beeinflußt wurde. Ein Teil der Abwässer wird schon in dem sich durch die Auwälder hinziehenden Altrhein aufgearbeitet, der als riesige Faulkammer wirkt. Was in den offenen Rhein gelangt, wird von der gewaltigen Wassermasse des Stromes bald so verdünnt, daß zwischen 300 m bis etwa 1 km unterhalb der Albmündung Abwasserreste ebenso wie Sphaerotilus nur noch ganz vereinzelt in den Planktonproben nachzuweisen waren.

Bei der Schiffbrücke Germersheim wurden im Plankton keine Abwasserreste und -organismen mehr gefunden.

VII. Rheinstrecke Speyer-Ludwigshafen-Mannheim (8. Mai 1906).

Wassertemperatur des Rheins bei Speyer am Morgen des 8. Mai 1906: 13,4° C.; Luft 15,6° C.; Pegel: 3,54 m steigend.

Speyerbach.

Der Speyerbach, welcher die Abwässer von Speyer aufnimmt und dem Rheine zuführt, bot auch dieses Mal dasselbe Bild einer starken Verunreinigung wie im November 1904 und Oktober 1905. Schmutziges, stark getrübtes Wasser mit vielen Sphaerotilus-Rasen. Im Plankton daneben noch Massen von organischem Detritus, viele Pflanzenreste, dann die nie fehlenden Reste der Haus- und Küchenabwässer, wie Stärkezellen, Woll- und Textilfasern, Haare, Zellulosereste; gelbe Muskelfasern beweisen, daß auch Fäkalien zugeführt werden. Abwasserorganismen waren im Plankton, abgesehen von Sphaerotilus, nur verhältnismäßig schwach vertreten in Gestalt von Infusorien, wie Paramaecium sowie einiger Nematoden.

Im strömenden Rheine setzte sich das dunkle Bachwasser anfangs scharf von den helleren graugrünen Fluten des Stromes ab, mischte sich aber sehr bald mit diesen. Schon etwa 100 m unterhalb der Speyerbachmündung waren im Plankton nahe dem Ufer nur noch kleine Räschen von Sphaerotilus und ganz vereinzelte Reste der Abwässer nachzuweisen, die oben aufgezählt wurden. Die gewaltige Wassermasse des

Stromes verdünnt und verarbeitet die im Verhältnis dazu recht unbeträchtliche Abwassermenge des Speyerbachs eben sehr rasch.

Angelhofer und Otterstädter Altrhein.

Diese beiden riesigen Planktonreservoire des Rheins, welche schon bei der Probeuntersuchung im November 1904 sowie im Oktober 1905 untersucht wurden, ergaben auch dieses Mal einen außerordentlichen Reichtum an Plankton, sowohl was die Artenzahl als auch die Individuenzahl anbelangt. Am reichlichsten war die Gattung Dinobryon vertreten, welche Flagellate die Gesamtheit der schwebenden und schwimmenden Organismen so beträchtlich überwog, daß sie das Plankton zu einem förmlichen „Dinobryon-Plankton“ stempelte.

Plankton des Angelhofer und Otterstädter Altrheins.

		Angelhof	Otterstadt
	Algen.		
Chlorophyceen.	Oscillatoria rubescens	mehr einzeln	mehr einzeln,
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	nicht selten	nicht selten,
	Asterionella gracillima	ziemlich häufig	ziemlich häufig,
	Synedra delicatissima	häufig	häufig,
	Fragilaria crotonensis	nicht selten	nicht selten,
	Melosira tenuis var.	einzeln	häufig,
	Stephanodiscus astraea	einzeln	einzeln,
	Cyclotella Schröteri	—	einzeln,
Chlorophyceen.	Pediastrum Boryanum	einzeln	einzeln,
	Pediastrum pertusum	einzeln	einzeln.
	Protozoen.		
Flagellaten.	Eudorina elegans	einzeln	einzeln,
	Dinobryon stipitatum, Dinobryon sertularia, Dinobryon angulatum	massenhaft	massenhaft,
	Mallomonas acaroides	sehr einzeln	—
	Peridinium palatinum	einzeln	einzeln,
	Peridinium quadridens	einzeln	einzeln,
	Ceratium hirundinella	—	einzeln,
Infusorien.	Disematostoma Bütschlii	nicht selten	—
	Codonella lacustris	einzeln	einzeln,
	Tintinnidium fluviatile	einzeln	—
	Zoothamnium spec.	—	einzeln.
	Rotatorien.		
	Synchaeta tremula	ziemlich häufig	einzeln,
	Synchaeta grandis	nicht selten	—
	Polyarthra platyptera	ziemlich häufig	nicht selten,

	Angelhof	Otterstadt
Asplanchna priodonta	einzeln	einzeln,
Rattulus bicornis	—	sehr einzeln,
Gastroschiza flexilis	—	sehr einzeln,
Anuraea cochlearis	nicht selten	ziemlich häufig,
Anuraea aculeata	einzeln	einzeln,
Anuraeopsis hypelasma	einzeln	—
Notholca acuminata	einzeln	— .
Crustaceen.		
Bosmina cornuta	einzeln	einzeln,
Nauplien von Copepoden	einzeln	einzeln.

Aber nicht nur große Mengen von Planktonorganismen werden aus beiden Altwassern bei sinkendem Wasserstande dem Strome zugeführt, sondern auch Bewohner des Grundes. Dies geschieht namentlich im Frühjahr, wo die Diatomeen- und Oscillarienrasen, welche sich während der kälteren Jahreszeit auf dem Schlickgrund der Altwasser besonders üppig entwickelt haben, unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen durch die entbundenen Sauerstoffblasen zum Wasserspiegel emporgetragen werden. Am 8. Mai 1906 trieben solche Diatomeen und Oscillarien im Rheine unterhalb beider Altwasser. Sie enthielten zahlreiche Oscillarien (O. limosa usw.), dann Massen von Diatomeen, vor allem kleine Nitzschien und Synedren, weiter Pinnularia viridis, Navicula humilis, Cymbella cuspidata häufig, Pleurosigma attenuatum, Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea; dann Amoeben, Cochliopodium bilimbosum; Macrobiotus macronyx.

Bemerkt sei noch, daß auf dieser Strecke des Rheins zahlreiche, bis meterlange Büsche von Batrachium fluitans zu Tal trieben und sich an ankernden Schiffen, Landungsbrücken öfter in größerer Zahl verfingen. Der größte Teil dieser losgerissenen Pflanzen dürfte aus dem Leopoldskanal stammen.

VIII. Rheinstrecke Ludwigshafen-Mannheim-Worms (10. Mai 1906).

Temperatur des Wassers am 10. Mai morgens: 14,4° C. Pegel: 3,41 m steigend.

Städtische Abwässer von Ludwigshafen.

Die Abwässer von Ludwigshafen, welche oberhalb der Anilinfabrik dem Rheine zugeführt werden, sind recht beträchtlich. Die schmutzigen Fluten, welche dem Dolen entquellen, sind reich mit Papierresten, Gemüse, Fett und Ölhäuten beladen; sie springen etwa 8—10 m in den Strom hinein vor und ziehen dann, langsam sich verbreiternd, als dunkles Schmutzband etwa einen halben km entlang des Ufers dahin, um dann in den farbigen Abwässern der Anilinfabrik dem Auge zu entschwinden.

100 m unterhalb des Dolens enthielt das Planktonnetz in der Nähe des Ufers massenhaft Abwasserreste, wie Stärkezellen, gefärbte Textil- und Wollfasern,

Fett, Haare, Zellulosefasern, gelbe Muskelfasern. Daneben treibende Sphaerotilus-Rasen, Schimmelpilze, Bakterien-Zoogloeen, Nematoden.

150 m unterhalb des Dolens waren die Stein- und Uferböschung dicht mit üppigen Sphaerotilus-Rasen bekleidet, auch Schimmelpilze sowie Leptomitus lacteus waren vertreten. Im Gewirre dieser Pilzfäden hatten sich zahlreiche Abwasserreste verfangen, vor allem Woll- und Textilfasern sowie mit dicken Bakterienkrusten versehene Haare. Von Abwasserinfusorien war hier besonders Trochilia palustris häufig. Daneben begannen auch schon die Algen zu erscheinen: Ulothrix subtilis bildete ziemlich große grüne Flecke. Die Diatomeen waren durch Massen von Diatoma vulgare, viele Melosira varians, Synedra ulna und Pinnularia acuta vertreten.

450 m unterhalb Dolenmündung. Ufersteine immer noch mit Rasen von Sphaerotilus, aber weit weniger üppig als 300 m weiter oben. Von Algen war hier Ulothrix zonata reichlich entwickelt, meist mit Bakterien in der Gallerthülle.

4,5 km unterhalb der Dolenmündung der städtischen Abwässer fanden sich bei der sog. „Oppauer Fähre" im Plankton nahe dem linken Ufer noch sehr vereinzelte gelbe Muskelfasern, einzelne Bakterien-Zoogloeen und etwas reichlicher Stärkezellen der Kartoffel. Diese Abwasserreste stammen höchst wahrscheinlich noch aus den Ludwigshafener Abwässern. Ich sage ausdrücklich „höchst wahrscheinlich", da von Mannheim-Ludwigshafen an immerhin mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß die hier im Plankton beobachteten Abwasserreste und Indikatoren für Fäkalien wie die gelben Muskelfassern zum Teil auch von den zahlreichen Schiffen stammen können.

Abwässer der Anilinfabrik Ludwigshafen.

Der breite Farbstreifen der Anilinabwässer war dieses Mal weiter stromab zu verfolgen als es bei dem hohen Wasserstand des Rheins im Oktober 1905 möglich war, nämlich weit über die große Rheinbiegung bei der Petersau hinaus. Unterhalb des letzten Einlaufes der Abwässer war auf ungefähr 800 m alles tierische Leben an den Steinen der Uferböschung ausgetilgt. Eine genauere Angabe über die Ausdehnung dieser „azoischen Zone" ließ sich dieses Mal nicht geben, da eine ganze Anzahl großer Schleppkähne nahe dem Ufer die Untersuchung unmöglich machte. Noch bei der Oppauer Fähre (3,3 km unter dem untersten Dolen der Fabrik) war das Tierleben äußert spärlich, da selbst längeres Suchen nichts ergab als einige Exemplare der sehr resistenten Schnecke Limnaeus ovatus mit Laich und ein einziges Exemplar einer Larve von Perla! Die Pilze waren durch kümmerliche inkrustierte Räschen von Sphaerotilus vertreten.

Frankenthaler Kanal.

Da kurz vor meiner Untersuchung ein mehrtägiges Hochwasser der Isenach — des Baches, welcher hauptsächlich den Kanal speist — den Kanal durchspült hatte, war es begreiflich, daß dieses Mal die oft beklagte Verunreinigung dieses Gewässers weit weniger in der Zusammensetzung der Fauna und Flora zum Ausdruck kam, als dies sonst der Fall zu sein pflegt. Das nahe der Schleuse gefischte Plankton enthielt kaum eigentliche Abwasserorganismen, wie folgende kleine Liste zeigt:

Algen.

Spirogyra spec. häufig.

Protozoen.

Synura uvella sehr häufig,
Gonium pectorale nicht selten.

Rotatorien.

Synchaeta tremula nicht selten,
Triarthra longiseta einzeln,
Polyarthra platyptera einzeln,
Euchlanis spec. einzeln,
Notholca acuminata einzeln.

Crustaceen.

Nauplien von Cyclops häufig.

Ähnliches gilt auch von den treibenden Diatomeen- und Oscillaria-Rasen, die reichlich mit Spirogyra durchwuchert erschienen. Von Diatomeen war neben Massen kleiner Naviculeen, Pleurosigma attenuatum, Synedra, Surirella ovata var. minuta besonders häufig.

Neckar bei Mannheim.

Schon die früheren Untersuchungen hatten gezeigt, daß dem Neckar kaum autochthones eigentliches Plankton zukommt. Dies bestätigte sich auch dieses Mal wieder. Bei der Friedrichsbrücke ergab ein Planktonzug kaum wirkliche freischwebende und -schwimmende Organismen, vielleicht von Eudorina elegans und Notholca striata abgesehen, die aber beide auch am Grunde, über Diatomeenrasen usw. vorkommen. Sehr zahlreich waren dagegen, genau wie früher, die Bodenformen, besonders die Diatomeen vertreten, vor allem Melosira varians, Nitzschia sigmoidea, Pinnularia acuta, Pleurosigma attenuatum und Pl. acuminatum; von Protozoen seien erwähnt Cyphoderia margaritacea, Difflugia, Stentor coeruleus; von Würmern Chaetogaster, von Rotatorien Diaschiza semiaperta, Furcularia Reinhardti, Rotifer vulgaris. Außerdem fand sich hier viel Pollen von Koniferen; Abwasserreste und -pilze wurden nicht beobachtet.

Einen ganz anderen Charakter zeigte das Plankton des Neckars etwa 300 m oberhalb seiner Mündung in den Rhein. Hier ergab sich ein recht reiches Plankton, meist aus Rheinformen bestehend, daneben aber auch aus Formen, die im offenen Strome oberhalb dieses Mal noch nicht beobachtet wurden, sovor allem die Rädertiere Brachionus pala, dann auch Triarthra longiseta, Notholca longispina; von Diatomeen Diatoma elongatum. Der Grund für die Verschiedenheit der beiden nur wenige hundert Meter voneinander entfernten Planktonfänge liegt einzig und allein darin, daß der zweite Fang unterhalb der Mündung des sog. „Verbindungskanals" in den Neckar ausgeführt

wurde. Durch diesen Kanal strömt bei entsprechenden Pegeldifferenzen das Wasser der vom Rheine gespeisten Mannheimer Hafenanlagen in den Neckar ein und mit ihm das Plankton, das in dem durch die Abgänge der Schiffe mit organischen Stoffen angereicherten Wasser sich natürlich üppiger z. T. sogar unter Entwicklung besonders charakteristischer Formen wie z. B. Brachionus pala entwickelt.

Abwässer der Stadt Mannheim.

Die Abwässer der Stadt Mannheim werden seit 1905 auf der sog. „Friesenheimer Insel" durch ein großes Rohr auf die Sohle des Rheins entleert. Dieser Umstand erschwert eine Untersuchung der Einwirkung der Abwässer auf den Strom ganz bedeutend, da die Stromsohle dort beweglich ist, d. h. aus grobem Kies und Gerölle besteht, die durch die Stoßkraft des Wassers fortwährend weitergeschoben werden. Infolge dieser steten Bewegung und Überschüttung ist an den kleinen Kieseln eine Besiedelung mit Wasserpilzen usw. fast völlig unmöglich; es war daher auch kaum zu verwundern, wenn am 10. Mai hier das Schleppnetz jedesmal nur Kies heraufbrachte, von dem nur die größeren Stücke schwache Besätze von Sphaerotilus aufwiesen. Daß es wirklich nur die ungünstigen Verhältnisse des Substrates sind, welche im Mai 1906 eine reichlichere Ansiedelung von Abwasserpilzen unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer verhinderten, lehrte eine Untersuchung, welche ich am 23. Februar 1906 hier vorgenommen hatte. Damals waren einige große Steine und Schlacken unterhalb der Rohrmündung zu liegen gekommen. Diese waren alle mit Sphaerotilus-Rasen von einer Üppigkeit bedeckt, wie ich sie im Rheine bisher noch niemals zu Gesicht bekommen hatte: Rasen von über Fußlänge und so dicht, daß die Steine darunter fast verschwanden! 150—200 m abwärts waren am 23. Februar 1906 die Rasen noch über fingerlang; in 450 m Entfernung wurden sie spärlicher und bei etwa 1 km waren sie in der Tiefe makroskopisch kaum noch nachzuweisen.

Am 10. Mai 1906 war ich also hauptsächlich auf die Untersuchung des Planktons und des Ufers angewiesen. Hier ergab sich: 100 m unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer Plankton an der Oberfläche nur mit ziemlich spärlichen Resten der Abwässer. Bakterien-Zoogloeen, Stärkezellen, Muskelfasern.

250 m abwärts. Abwasserreste ähnlich wie bei 100 m. Von zoologischem und auch hygienischem Interesse war es, daß das hier der Oberfläche entnommene Plankton auch das sehr charakteristische Ei eines Eingeweidewurmes des Menschen, nämlich des Spulwurms Ascaris lumbricoides enthielt. Das Ei dieses Darmparasiten, 0,072 mm lang, 0,055 mm breit, ist zweifellos mit Fäkalien in den Rhein gelangt und hätte hier, geschützt durch seine derbe mit buckelförmigen Erhebungen versehene Schale, sicher viele Kilometer entwicklungsfähig den Strom hinabtreiben können.

2 km unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer. Die Steine am Ufer mit kleinen Räschen von Sphaerotilus und Cladothrix dichotoma bedeckt; daneben inkrustierte Schimmelpilze. Von Tieren kleine Kolonien von Spongillen (ohne Gemmulae), Bryozoen (Plumatella) und Schnecken wie Limnaeus ovatus mit Laich.

Bei etwa 12 km unterhalb im Plankton nahe dem rechten Ufer gefundene Stärkezellen mit Massen aufsitzender Bakterien dürften ebenfalls aus den Mannheimer Abwässern stammen, umsomehr als jene Probe auch das Rädertier Brachionus pala enthielt, das sicher aus dem Mannheimer Hafen in den Neckar und von da in den Rhein eingeschwemmt wurde. Dadurch scheint mir erwiesen, daß die Hauptmasse des Neckarwassers und wohl auch diejenige der 1,5 km unterhalb der Neckarmündung in den Rhein strömenden Mannheimer Abwässer sich bei nicht allzuhohem Pegelstande mindestens auf 14 bis 15 km — höchst wahrscheinlich aber noch weiter — nahe dem rechten Ufer des Rheins hält.

Abwässer des Waldhofes bei Mannheim.

Die Abwässer der großen Zellstoffabrik Waldhof sowie diejenigen mehrerer anderer Fabriken daselbst gelangen durch einen offenen Kanal in den Rhein, ungefähr in der Höhe des Frankenthaler Kanals (bei bad. Kilometer 261,8, etwa 3 km unterhalb der Mannheimer Abwässer). Sie sind neben denen der Anilinfabrik Ludwigshafen quantitativ die bedeutendsten, welche dem Oberrhein zugeführt werden. In Gestalt einer gelben oder braunen schäumenden Kaskade stürzen sie in den Rhein, schon von weitem an der mächtigen Schaumbildung kenntlich; über 5 km weit waren sie dieses Mal entlang des rechten Stromufers in Gestalt eines breiten braunen Farbstreifens zu verfolgen.

Die Einwirkung dieser Abwässer auf die Fauna und Flora des rechten Ufers ist sowohl nach Extensität als auch nach Intensität eine sehr tiefgehende. Über 1 km weit war am 10. Mai 1906 alles tierische Leben unterhalb der Abwassermündung völlig vernichtet; erst in dieser Entfernung ließ sich wieder ein einziges Exemplar des Egels Nephelis vulgaris und ein Exemplar des Flohkrebses Gammarus fluviatilis nachweisen; bis auf etwa 10 km Entfernung blieben beide Abwasserformen die Hauptvertreter der gröberen Fauna. Formen des reinen Wassers fehlten hier so gut wie völlig.

Im Gegensatz zu dieser Vernichtung der Tierwelt zeigten sich die Abwasserpilze in einer Üppigkeit und Ausdehnung entwickelt, die am Oberrhein ihresgleichen suchen dürfte. Von der Mündung der Abwässer an, die hier saure Reaktion zeigten, waren die Steine des rechten Ufers auf einer Strecke von 10 km mit Pilzrasen bewachsen. Anfangs herrschte Fusarium aquaeductuum vor, welches die sauren Abwässer der Zellulosefabriken besonders zu bevorzugen scheint (vergl. die Ergebnisse der Schutteruntersuchung bei Kehl). Weiter abwärts nahm Sphaerotilus natans mehr und mehr zu, doch waren beide Pilze noch 10 km abwärts nebeneinander auf demselben Steine in makroskopischen Räschen zu beobachten. Das erste kümmerliche Exemplar des Wassermooses Fontinalis trat 1,2 km unter der Abwassermündung auf; weiter oberhalb dominierten die knolligen Rasen der Pilze so gut wie völlig.

Aber nicht nur am Ufer sondern auch im freien Wasser machte sich der Einfluß der Waldhofabwässer bemerkbar. 200 m unterhalb der Abwässermündung war das Planktonnetz, nahe dem rechten Ufer exponiert, bald geradezu erfüllt mit Zellulose-

fasern; weiter abwärts kamen dazu noch zahlreiche Sphaerotilus-Flocken, die selbst 10 km abwärts noch häufig zu beobachten waren. In welchen Massen hier Sphaerotilus zu Tal treibt, zeigte eine Sandbank etwa 2 km unterhalb der Abwässermündung: Hier war der ganze Uferrand auf eine Erstreckung von mehreren 100 m geradezu bedeckt von förmlichen Bänken angetriebener Sphaerotilus-Rasen. Unter diesen Umständen ist es nicht zu verwundern, wenn im weiteren Verlauf der Untersuchung noch bei Worms und weiter stromabwärts die rechte Stromseite des Rheins mit treibenden Sphaerotilus-Flocken erfüllt gefunden wurde.

Einwirkung der Abwässer von Mannheim-Ludwigshafen auf den Rhein.

Zusammenfassung.

Fasse ich die Resultate meiner Untersuchungen am 10. Mai 1906 noch einmal in Kürze zusammen, so läßt sich über die Einwirkungen der Abwässer von Mannheim-Ludwigshafen etwa folgendes sagen:

I. Die städtischen Abwässer von Ludwigshafen äußern ihre Wirkung auf einem relativ schmalen Streifen entlang des linken Ufers, anfangs ziemlich intensiv, vermischen sich aber schon nach einer Erstreckung von etwa 0,5 km mit den farbigen Abwässern der Anilinfabrik. Ihre letzten mikroskopisch nachweisbaren Reste wurden etwa 5 km unterhalb der Einmündung gefaßt.

II. Die Abwässer der Anilinfabrik Ludwigshafen, die stärkste anorganische Verunreinigung des Oberrheins, sind für das Auge als dunkler Farbstreifen entlang des linken Ufers bis über die sog. „Petersau" hinaus, im ganzen rund 15 km, zu verfolgen; ihre verödende Wirkung auf die Tier- und Pflanzenwelt des Ufers beträgt mindestens 3—4 km, wovon fast 1 km auf die „azoische" Zone entfallen, die alles tierischen Lebens bar ist.

III. Die städtischen Abwässer von Mannheim sind in ihrer Einwirkung auf den Rhein schwer direkt zu verfolgen, da sie auf der Sohle des Stromes eingeleitet werden und am Grunde des Rheins dahintreiben. Von der gewaltigen Masse der zugeführten organischen Substanz geben unter günstigen Bedingungen (vergl. oben den Text) außerordentlich üppig entwickelte Rasen von Sphaerotilus Kunde. Die letzten mikroskopisch nachweisbaren Reste der Abwässer dürften in der Gegend von Worms gefaßt worden sein.

IV. Die Abwässer der Zellstoffabrik Waldhof bei Mannheim stellen gegenwärtig die bedeutendste Verunreinigung des Oberrheins durch vorherrschend organische Abwässer dar. Ihnen ist in erster Linie die starke Verpilzung des Rheines zuzuschreiben, welche sich von der Mündung dieser Abwässer an über Worms bei Gernsheim (und weiter) teils durch Pilzwucherungen am rechten Ufer teils durch treibende Pilzflocken vom rechten Ufer bis gegen die Strommitte hin bemerkbar macht.

IX. Rheinstrecke Worms-Oppenheim (11. Mai 1906).

Temperatur des Wassers am Morgen des 11. Mai: 14,4° C.; Pegel: 0,74 m, steigend.

Abwässer der Heylschen Lederfabrik.

Die Abwässer dieser großen Fabrik werden auf dem linken Ufer oberhalb der Rheinbrücke und des Hafens durch einen offenen Kanal dem Rheine zugeleitet. Das Wasser dieses Kanals ist von gelb-brauner Farbe, übelriechend. Der Boden ist von einer etwa einen halben Meter mächtigen Schlammschicht bedeckt, welche zum großen Teil aus Tierhaaren besteht und einen geradezu ekelerregenden Gestank verbreitet. Dieser Schlamm setzte sich, allmählich an Stärke abnehmend, noch etwa 20 m weit stromab in den offenen Rhein hinein fort, immer noch sehr reich an Haaren und vereinzelten Räschen von Sphaerotilus. Eine etwa 100 m abwärts der Abwässermündung gefischte Planktonprobe enthielt ebenfalls diese Haare, welche von nun an keiner Planktonprobe, die in der Nähe des linken Ufers entnommen wurde, mehr fehlten.

Biologisches Profil des Rheins bei Worms.

Das biologische Profil des Rheins, oberhalb der Rheinbrücke bei Worms aufgenommen, ergab folgende Resultate.

Linkes Ufer: Sichttiefe des Wassers 1 m. Wasser schwach staubartig getrübt. Im Plankton neben viel Detritus abgestorbene Cladophora, Ulothrix-Fäden, Chantransia-Zweige, Cladothrix-Räschen, ein Exemplar von Hydrurus, Kiefernpollen.

Am Ufer an den Steinen gelblich inkrustierte Cladothrix; Tierleben sehr ärmlich: eine Perlidenlarve, Chaetogaster, Colurus bicuspidatus, Nematoden.

Mitte des Stromes: Sichttiefe 90 cm. Im Wasser beginnen über 1 cm lange Sphaerotilus-Räschen zu erscheinen, die gegen das rechte Ufer zu immer zahlreicher werden. Sonst im Plankton noch: Cladothrix-Rasen, Zellulosefasern, ausgelaugte Stärkezellen, viel Detritus; Kiefernpollen wie auch rechts ziemlich reichlich.

Rechtes Ufer: Sichttiefe 80 cm. Viele treibende Sphaerotilus-Flocken. Im Plankton viele Zellulosefasern, Blattreste mit aufsitzenden Vorticellen, Oscillarien, Rädertiere wie Furcularia Reinhardti und Diaschiza semiaperta, Nematoden usw. Gelb gebeizte Muskelfasern (wohl noch von den Mannheimer Abwässern stammend?) sehr einzeln. — Am Ufer die Steine (an der Unterseite vorherrschend) mit gelblich-grauen Pilzrasen bekleidet, die mit Cladothrix die meiste Ähnlichkeit hatten. Fauna sehr arm: ein Exemplar von Nephelis vulgaris, eine Larve von Perla, einige Chironomus-Larven, Macrobiotus macronyx. — Viel Detritus.

Aus der Tiefe des Stromes förderte das Schleppnetz überall nur Kies ohne alle Vegetation und Tierleben zutage.

Im Gegensatz zu der Verschiedenheit, welche sich bezüglich der treibenden Sphaerotilus-Flocken im Profil bei Worms zwischen dem rechten und linken Ufer bemerkbar machte, war das sonstige pflanzliche und tierische Plankton durch die ganze Breite des Stromes recht gleichmäßig verteilt, abgesehen vielleicht von den spärlichen Rotatorien, welche am rechten Ufer etwas weniger selten vorzukommen schienen als in der Mitte und am linken Ufer. Es dürfte dies seinen Grund wohl

darin haben, daß wenige Kilometer oberhalb Worms am rechten Ufer der große Lampertheimer Altrhein ausmündet. Ich gebe darum die Liste der Planktonorganismen ohne Trennung der drei Profilstationen.

Planktonorganismen des Rheins oberhalb Worms.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens einzeln;
Diatomeen: Asterionella gracillima häufig,
Fragilaria crotonensis häufig,
Tabellaria fenestrata var. asterionelloides ziemlich häufig,
Synedra delicatissima nicht selten,
Synedra actinastroides sehr vereinzelt,
Melosira crenulata var. nicht selten,
Stephanodiscus astraea nicht selten,
Cyclotella Schröteri sehr einzeln;
Chlorophyceen: Scenedesmus quadricauda sehr einzeln.

Protozoen.

Flagellaten: Dinobryon stipitatum, Dinobryon cylindricum, Dinobryon angulatum } nicht selten
Eudorina elegans nicht selten.

Rotatorien.

Synchaeta tremula einzeln,
Polyarthra platyptera einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
Anuraea aculeata einzeln,
Notholca longispina einzeln.

Crustaceen.

Nauplien von Copepoden einzeln.

Was an dem vorstehenden Profil besonders bemerkenswert erscheint, ist die deutliche Verschiedenheit beider Ufer in bezug auf Detritusführung, welche in der Differenz der Sichttiefen ihren Ausdruck findet: links 1 m, in der Mitte 90 cm, rechts 80 cm Sichttiefe. Das rechte Ufer steht eben noch unter dem Einfluß der Abwässer der Zellstoffabrik Waldhof, welche mit ihren zahllosen Zellulosefasern und treibenden Pilzflocken wohl imstande sind, das Wasser bis auf diese Entfernung hin zu trüben. Auch der Einfluß des Neckarwassers dürfte sich noch bis hierher geltend machen.

Die städtischen Abwässer von Worms.

Die Abwässer der Stadt Worms entströmen als stark getrübte, fast tintenschwarze Brühe dem Dolen und ziehen sich in einer Breite von 6—8 m entlang des linken

Ufers hin, stromabwärts unter allmählichem Verblassen mehr und mehr sich verbreiternd.

• 10 m unter der Einmündung der Abwässer ergab das Planktonnetz neben den obligaten Resten der Haus- und Küchenabwässer wie Stärkezellen, Bakterienzoogloeen, Schimmelpilze usw. auffallend viele gefärbte Textilfasern sowie viele von weiter oben her aus der Heylschen Fabrik stammende Tierhaare. Gelbe Muskelfasern wurden nicht gefunden.

200 m unterhalb der Einmündung der Abwässer. Steine des Ufers mit grauem Belag von Sphaerotilus; Laich von Limnaeus ovatus nicht selten.

300 m unterhalb der Einmündung der Abwässer. Laich der Schnecke Limnaeus ovatus recht reichlich, Kokons von Nephelis vulgaris nicht selten.

500 m unterhalb der Einmündung der Abwässer. Sphaerotilus beginnt nach und nach zurückzutreten, dafür treten jetzt die ersten Wassermoose auf, und zwar Fontinalis antipyretica. Unterseite der Ufersteine dicht bedeckt mit Laichmassen von Limnaeus.

Bei der Eisenbahnbrücke (ca. 1 km) sind die Steine am Ufer immer noch mit Sphaerotilus bekleidet; Fauna sehr artenarm (Limnaeus, Nephelis, ein Kokon von Dendrocoelum lacteum). Im Plankton noch viele Abwässerreste, Massen von farbigen Textilfasern, blaue Farbstoffflitter, Tierhaare, Sphaerotilus, Zoogloeen von Bakterien usw.

1,5 km unterhalb der Einmündung der Abwässer. An den Ufersteinen viele Cladothrix-Räschen, nur wenig Sphaerotilus. Anthophysa vegetans, besonders ihre braunen Stiele nicht selten. Von Abwasserorganismen noch Chilodon und Trochilia palustris. Von Würmern Chaetogaster, von Rädertieren Colurus bicuspidatus.

Soweit wir aus diesen Beobachtungen einen Schluß ziehen können, dürfen wir sagen, daß die Reste der Haus- und Küchenabwässer von Worms in einer Entfernung von etwa 2—3 km unterhalb der Einmündung der Abwässer zum großen Teil bereits aufgearbeitet sind. Anders verhält es sich mit den schwer angreifbaren Tierhaaren aus der Heylschen Fabrik sowie den recht zahlreichen farbigen, meist blauen Textil- und Wollfasern. Sie sind noch im Plankton bei Oppenheim nachzuweisen und dürften nur sehr langsam durch Sedimentierung verschwinden.

Strohstoffabrik Rheindürkheim.

Von dieser hart am Rhein gelegenen Fabrik führen drei offene Abwasserrinnen nach dem Strom. Die oberste Rinne entleert stark schäumendes und stark gelb gefärbtes Abwasser von ziemlich neutraler Reaktion; die mittlere Rinne zeigt alkalische Reaktion, die untere führt nur Kondenswasser. Die großen Schaumflocken sind gelblich, ziemlich zäh und bis über Gernsheim hinaus, ja zum Teil sogar bis Oppenheim zu verfolgen.

Die Abwässer dieser Fabrik führen dem Rheine sehr beträchtliche Mengen meist mehr oder weniger isolierter Strohzellen zu, welche sich im Plankton außerordentlich lange halten und von nun an kaum noch in einem Planktonfang meiner Untersuchungsstrecke vermißt werden.

Diese Abwässer üben auf die Fauna und Flora des Ufers nicht ganz jenen schädigenden Einfluß aus, welchen man nach ihrem Aussehen usw. vielleicht erwarten sollte. In einer Entfernung von etwa 80—100 m unterhalb des letzten Einlaufes zeigten sich die Steine des Ufers dicht mit Sphaerotilus-Räschen bedeckt; dazwischen fanden sich aber schon wieder grüne Algen (Ulothrix subtilis), Diatomeen (Diatoma vulgare, Synedra ulna), Oscillarien; von Protozoen Vorticellenkolonien; dann Nematoden.

Bei 200—300 m wurden von Tieren Nephelis vulgaris sowie Asellus aquaticus beobachtet; in 700 m Entfernung zeigten sich an den Steinen wieder Wassermoose, speziell Fontinalis antipyretica sowie Larven von Perliden. Auf der ganzen Strecke fanden sich auf und unter den Steinen graue Beläge sedimentierter Strohzellen.

In einer Entfernung von etwa 3,5 km unterhalb der Strohstoffabrik, und zwar im feinen Schlick, der sich in einem Parallelwerk abgesetzt hatte, ließen sich neben Pilzräschen, Pflanzenresten auch Mengen von Strohzellen sedimentiert nachweisen; ebenso blaue Textil- und Wollfasern, die aus den Wormser Abwässern stammten, und Haare aus der Fabrik von Heyl.

Gernsheim.

Bei Gernsheim war die Landungsbrücke der Dampfer sehr dicht und üppig mit Fontinalis antipyretica bewachsen. Die Zweige dieses Wassermooses zeigten sich wie mit einem zarten Schimmelüberzug von zahlreichen Kolonien eines Infusors: Epistylis plicatilis sowie Vorticellen überkleidet; die Stiele von Epistylis waren dicht mit Räschen von Cladothrix bedeckt. Von weiteren Tieren fanden sich noch Kolonien der Muschel Dreyssensia sowie Chironomuslarven in Gallertröhren.

Eine derart reiche Entfaltung festsitzender Tiere (Epistylis, Vorticella, Dreyssensia) an einem mehrere Meter weit in den freien Rhein vorgeschobenen Standort ist nur möglich, wenn diesen sessilen Organismen durch den Wasserstrom fortwährend reichliche Nahrung in Gestalt kleinster Lebewesen sowie fein verteilter organischer Substanz zugeführt wird. Man kann daher ohne weiteres aus der Anwesenheit üppig entfalteter Kolonien festsitzender Tiere (zu denen außer den oben genannten noch Spongillen, Bryozoen kommen) in einem Flusse direkt auf eine entsprechend ausgiebige Zufuhr suspendierter organischer Substanz schließen.

Bei Gernsheim kann es keinem Zweifel unterliegen, daß diese Nahrung sowohl aus dem Rheinplankton als auch aus den von oben her zutreibenden Pilz-Flocken usw. besteht. Die ganze rechte Stromseite bis gegen die Mitte hin zeigte treibenden Sphaerotilus; die mikroskopische Untersuchung fügte als weitere Komponenten der Wassertrübung noch Massen von Zellulosefasern, einzelne blaue Textil- und Wollfasern sowie Strohzellen hinzu. Von Planktonorganismen verdient das Vorkommen des Rädertieres Brachionus pala (mit Eiern) sowie von Hydrurus (eine Kolonie) Erwähnung.

Während bis Gernsheim die treibenden Pilzrasen zum weitaus größten Teil das rechte Stromufer bis gegen die Mitte zu erfüllten, änderte sich weiter unterhalb

dieses Bild etwas, indem nun die Pilzflocken auch gegen das linke Ufer übergriffen. Der Grund hierfür liegt in erster Linie darin, daß infolge der scharfen knieförmigen Biegung des Rheinlaufes unterhalb Gernsheim eine stärkere Durchmischung der Wassermassen des Rheins stattfindet. So war beispielsweise der Rhein in der Gegend der unteren Mündung des Stockstadt-Erfelder Altrheins in seiner ganzen Breite ziemlich stark staubartig getrübt und die Pilzrasen trieben hier auch dicht am linken Ufer. An dieser Station wurden neben zahlreichen Strohzellen auch noch Tierhaare und gefärbte Textil- und Wollfasern von Worms nachgewiesen.

Von Altwassern wurde auf dieser Strecke der große Altrhein bei Stockstadt-Erfelden untersucht. Das Plankton war sehr reich, besonders an Diatomeen, und zwar alles Arten, die bereits bei dem Profil Worms aufgezählt wurden. Von der unteren Mündung des Altrheins trieben zahlreiche Diatomeen- und Oscillarienrasen in den offenen Strom.

X. Rheinstrecke Oppenheim-Mainz (12. Mai 1906).

Pegel bei Oppenheim am 12. Mai 1906: 1,32 m, steigend.

Hafen von Oppenheim.

Der nicht sehr große Hafen von Oppenheim, an dessen oberem Ende einige Haus-Abwässer einfließen, ist außerordentlich reich an Plankton, ganz besonders an Rädertieren. Da letztere von hier aus zweifellos oft in den Rhein gelangen und stromab getrieben werden, gebe ich im folgenden die Liste der beobachteten Planktonorganismen.

Plankton des Oppenheimer Hafens.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens einzeln;
Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides ziemlich einzeln,
Asterionella gracillima einzeln,
Synedra delicatissima ziemlich häufig,
Fragilaria crotonensis nicht selten,
Melosira crenulata var. einzeln,
Melosira tenuis sehr einzeln.

Protozoen.

Flagellaten: Eudorina elegans nicht selten.

Rotatorien.

Asplanchna priodonta außerordentlich häufig, weit überwiegend; einzelne Männchen!
Synchaeta pectinata einzeln,
Triarthra longiseta sehr häufig; auch Dauereier,

Polyarthra platyptera nicht selten,
Brachionus pala nicht selten,
Brachionus angularis nicht selten,
Anuraea cochlearis typ. var. brevispina nicht selten,
Anuraea aculeata nicht selten.

Crustaceen.

Nauplien von Copepoden nicht selten.

In der Höhe von Oppenheim war der Rhein in seiner ganzen Breite staubartig getrübt und mit treibenden Pilzflocken erfüllt. Aus dem Hafen trieben auch hier Diatomeenrasen in den offenen Strom.

Die Schiffsmühlen von Ginsheim wiesen auch dieses Mal an ihren Schaufelrädern einen reichen Besatz der Alge Bangia atropurpurea auf, als deren Heimat sonst die Bäche der Bergregion gelten; doch war die Vegetation dieses Mal etwas weniger üppig als im Oktober 1905. Neben Bangia bildete Ulothrix zonata freudig grüne Flecken.

Altrhein bei Ginsheim.

Den Abschluß meiner Untersuchung bildete dieses Mal die sehr langgestreckte stille Strombucht des Rheins oberhalb Ginsheim. Das Plankton derselben war sehr reich, enthielt aber auch viel organischen Detritus.

Im einzelnen fanden sich folgende Organismen:

Plankton des Altrheins bei Ginsheim.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens ziemlich einzeln,
Chlorophyceen: Pediastrum Boryanum sehr einzeln,
Scenedesmus quadricauda sehr einzeln,
Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima sehr häufig,
Fragilaria crotonensis häufig,
Synedra delicatissima häufig,
Synedra actinastroides einzeln,
Diatoma elongatum einzeln,
Stephanodiscus astraea ziemlich häufig,
Melosira crenulata var. nicht sehr selten,
Melosira tenuis mehr einzeln.

Protozoen.

Flagellaten: Eudorina elegans nicht selten,
Dinobryon stipitatum sehr einzeln.

Rotatorien.

Synchaeta tremula sehr einzeln,
Synchaeta pectinata sehr einzeln,
Polyarthra platyptera sehr einzeln,
Brachionus angularis sehr einzeln,
Brachionus pala sehr einzeln,
Anuraea cochlearis einzeln,
Anuraea aculeata sehr einzeln,
Notholca striata sehr einzeln,
Notholca striata var. labis sehr einzeln.

Crustaceen.

Nauplien von Copepoden sehr einzeln.

Auch im Altrhein Ginsheim fanden sich an der Oberfläche sehr zahlreiche vom Grunde aufgestiegene Diatomeen-Rasen sowie Oscillarien-Watten. Gelangen diese bei sinkendem Wasserspiegel in den Rhein und zerfallen hier bei Hinabtreiben, so ist mit Sicherheit zu erwarten, daß sie auch noch bei der Probeentnahmestation Weisenau das Wasser mit organischem Detritus, Bakterien usw. (im Vergleich zur Strommitte) beträchtlich anzureichern imstande sind!

Bericht über die Ergebnisse der zweiten am 12. Mai und vom 16. bis zum 22. Mai 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Coblenz-Niederwerth.

Von

Professor **Dr. Marsson,**

Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Sonnabend, den 12. Mai 1906.

I. Rhein bei Weisenau, 1 km oberhalb Mainz.

Reaktion des Wassers neutral, nach Verlauf von 5 Minuten alkalisch.

Färbung schwach graugelblich; treibende Fadenpilze sind überall zu sehen.

A. Linke Flußseite: Sichttiefe 65 cm.

a) im Flusse treibendes Material (Plankton):

Das für den Mai 1906 charakteristische Plankton besteht neben sehr viel calciumkarbonathaltigem mineralischem Detritus hauptsächlich aus Tabellaria fenestrata forma asterionelloides (auch Ketten dieser Kieselalge kommen vor), Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis, Oscillatoria agardhi und Eudorina elegans; nicht so häufig sind Synedra delicatissima und var. mesoleia, Synedra ulna var. longissima und Ceratium hirundinella; mehr einzeln kommen vor Fragilaria capucina, Melosira crenulata var. tenuis und ambigua, Melosira granulata var. jonensis, Dinobryon cylindricum var. divergens, Dinobryon stipitatum und sertularia var. thyrsoides, Cyclotella comta, bodanica und meneghiniana, einzeln noch Synedra ulna var. splendens; Rotatorien sind etwas häufiger, als sie im Oktober 1905 gefunden wurden, vor allem jetzt Asplanchna priodonta, welche diesmal den Hauptbestandteil des Planktons im Oppenheimer Hafen ausmachte, ebenso Anuraea cochlearis mit Varietäten, besonders var. tecta, Anuraea aculeata, Brachionus pala und Triarthra longiseta, welche gleichfalls im Oppenheimer Hafen zur Massenentfaltung gekommen war. Von Protozoen finden sich vereinzelte Arcellen und Difflugien, saprobe Protozoen scheinen hier gänzlich zu fehlen. Von Krustazeen ist Cyclops nur selten, häufiger kommen seine Entwicklungszustände vor, einzeln ist auch Chydorus sphaericus, von Alona nur Panzer. Von mitgeschwemmten Kieselalgen kommen im Rheinplankton, auch in den weiter unterhalb gefischten Planktonproben, bei sorgfältiger Durchmusterung folgende Arten zur Beobachtung: Diatoma vulgare meist in Zickzackketten mit var. tenue, Melosira varians, Navicula

cryptocephala und radiosa, Nitzschia acicularis und palea, Rhoicosphenia curvata, Encyonema ventricosum und Cymbella lanceolatum. Diese letzteren Arten sprechen für eine oberhalb stattgehabte Verunreinigung mit organischer stickstoffhaltiger Substanz, ferner finden sich einzeln Ceratoneis arcus, Nitzschia linearis und vitrea, Meridion circulare, Microneis minutissima, Cocconeis pediculus und placentula, verschiedene Gomphonemaarten und andere potamophile Diatomaceen. Grünalgen sind wenig vertreten, doch kommen in allen Planktonfängen, wenn das Rheinwasser 5 Minuten lang durch ein großes Planktonnetz[1]) durchströmte, Pediastren vor, vorwiegend Pediastrum boryanum var. longicorne, brevicorne und genuinum, seltener granulatum, Pediastrum duplex var. clathratum und noch mehr reticulutum u. a., von Scenedesmen vorwiegend quadricauda, seltener obliquus, von Fadenalgen losgerissene und meist in Zersetzung begriffene Fäden von Cladophora glomerata, seltener von Ulothrix zonata, von Stigeoclonium und Chaetophora; von Schizophyceen neben der oben erwähnten Oscillatoria agardhi ganz einzeln Oscillatoria rubescens, auch Lyngbya limnetica sowie Bruchstücke von Osc. limosa, Oscillatoria tenuis und von Phormidiumarten, seltener konnten solche von Osc. chalybea und anguina bestimmt werden.

Alle diese Organismen sind auf der linken Rheinseite vorhanden, daneben aber auch Flöckcken von Sphaerotilus natans, von welchem Pilze makroskopisch große Flocken mit dem Rheinwasser auf der ganzen Breite des Stromes beobachtet werden konnten.

b) Flußboden: Sandiger Kies, nur wenig größere Steine, welche aber keinen schleimigen Besatz aufweisen. Dretscheinhalt azoisch.

B. Strommitte: Sichttiefe 63 cm.

a) Plankton: meist dieselben Organismen wie A, Eudorina ist noch häufiger und zwar in allen Entwicklungszuständen; gleichfalls sind hier die Anuraeen zahlreicher, einzeln kommt auch Notholca longispina vor, Furcularia gibba absterbend. Von Krustazeen findet sich hier mehr lebender Cyclops.

b) Flußboden: sandiger Kies, gleichfalls azoisch.

C. Rechte Flußseite: Sichttiefe 62 cm. Dieselben Organismen wie A, jedoch mehr Trichome von Oscillatorien, besonders von Oscillatoria limosa, auch von Phormidium; von Kieselalgen viel mehr Nitzschia acicularis als in der Mitte und auf der linken Seite, häufiger sind auch Fragilaria capucina, Rhoicosphenia curvata, Cymbella lanceolatum sowie Ceratoneis arcus; Rotatorien und Krustazeen sind dagegen seltener, hinzu kommen noch Nematoden. Zellulosefasern treiben nur vereinzelt stromabwärts, dagegen Sphaerotilus natans mehr.

b) Flußboden: Steine ohne Besatz. Dretscheinhalt azoisch.

Auf der Strecke Weisenau treibt der Rhein am 12. Mai mit Fadenpilzen (Sphaerotilus natans), welche im geschöpftes Rheinwasser enthaltenden Eimer mit bloßen Auge leicht zu erkennen sind. Ihre Menge zeigt an, daß weiter oberhalb eine über das Maß des Gemeinüblichen hinausgehende Verunreinigung mit fäulnis-

---

[1]) Öffnung 6,9 cm Durchmesser; in 5 Minuten strömen bei einer Geschwindigkeit des Rheins von 1 m in 1 Sekunde 3,2 cbm Wasser durch das Netz, das aus Seidengaze Nr. 20 verfertigt ist.

fähiger organischer Substanz stattgefunden hat; daß diese mehr auf der rechten Rheinseite zu suchen ist als auf der linken, darauf deutet auf der ersteren neben mehr Sphaerotilus das nicht seltene Vorkommen von Fadenwürmern und Faulalgen (gewissen Oscillatorien) sowie die häufige Nitzschia acicularis hin.

Den 16. Mai 1906.

(Wegen Teilnahme an einer am Montag, den 14. und Dienstag, den 15. Mai in Frankfurt a. M. stattfindenden Konferenz betreffend Verunreinigung des Mains konnte Berichterstatter die Rheinuntersuchung erst am Mittwoch, den 16. Mai fortsetzen).

II. Rhein bei Mainz.

Pegel 1,25 früh 6 Uhr, 1,26 mittags 12 Uhr. Temperatur 8 Uhr: Luft 13,4° C., Wasser 14,5°, Reaktion des Wassers neutral, nach Verlauf von 5 Minuten alkalisch. Wetter bewölkt.

A. Linke Flußseite, Mainzer Ufer, Anlegestelle der Schiffe: Sichttiefe 83 cm.

a) Plankton: Wieder viel mineralischer Detritus und die oben als typisch aufgeführten Planktonten, die Synedren sind etwas häufiger; einen merklichen Bestandteil des Fanges macht Eudorina elegans aus, sodaß im konservierten Plankton ein großer Teil des Bodensatzes (obere Schicht) von satt grüner Farbe ist; auch Pandorina morum ist vertreten, mehr noch Uroglena volvox, auch Synura uvella; von den Dinobryen vorzugsweise die Art divergens; auch Oscillatoria agardhi ist so häufig, daß sich aus dieser Alge in dem mit Formalin und vor Licht geschützten Plankton an der Oberfläche, getrennt von den anderen Organismen, eine flockige Schicht gebildet hatte von graugrünlichem Aussehen, nicht rötlich wie von Oscillatoria rubescens. Ferner noch einzeln Botryococcus brauni, sowie Gonium angulatum. Von Protozoen: Actinophrys sol und Ophryoglena atra Lieberk. Von Rotatorien: Asplanchna priodonta und Anuraea cochlearis bei weitem am häufigsten, letztere in verschiedenen Formen, auch forma macracantha nicht selten, forma tecta nur einzeln, Anuraea aculeata mit forma divergens, Polyarthra platyptera, Triarthra longiseta, Synchaeta pectinata und tremula, Brachionus pala mit nur wenigen Übergängen zu amphiceros, Notholca longispina, Gastropus stylifer (Hudsonella pygmaea) und Notomata aurita, letztere meist abgestorben. Von Krustazeen Cyclops und viele Nauplien, auch Chydorus und Bosmina cornuta-longirostris; Nematoden einzeln. Sphaerotilus in kleinen Flocken.

b) Flußboden: nichts gehoben.

B. Strommitte: Sichttiefe 63 cm.

a) Plankton: Wie A, ebensoviel Sphaerotilus; von Rotatorien noch einzeln Dinocharis pocillum, Brachionus angularis und abgestorbene Monostyla lunaris; von Diatomaceen auch Melosira varians und lange Bänder von Fragilaria capucina. Von Fadenalgen werden mitgeführt Fäden von Ulothrix zonata und von Cladophora glomerata, letztere besetzt mit Leptothrix parasitica; an abgestorbenen Bosminen haftet Coleps hirtus. Auch hier ist lebender Cyclops in der Strommitte ebenso häufig als seine Entwicklungszustände.

b) Flußboden: Abfall wie Papier, Stroh und dergl., auch Cladophorabüschel.

C. Rechte Flußseite. 1 km unterhalb Mainzufluß, Sichttiefe 39 cm.

a) Plankton: Hier neben mineralischem Detritus und typischem Rheinplankton viel organischer Detritus mit Zellulosefasern und scharlachroten Farbschollen, sowie meist blauen Textilfasern; Sphaerotilus meist in kleinen in Zersetzung begriffenen Flöckchen. Von Diatomaceen überwiegt Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus sowie Nitzschia acicularis, mehr einzeln ist Melosira varians und Encyonema ventricosum var. minuta, auch Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna mit Cocconeis pediculus u. a. Auf der rechten Seite sind besonders Protococcoideen vertreten, vor allem Scenedesmus quadricauda, meist in Jugendstadien, doch auch in größeren vielzelligen Coenobien, häufig ist auch Rhaphidium polymorphum var. falcatum; wie immer finden sich Pediastren und zwar die oben aufgeführten Arten. Neben sehr viel Eudorina ist hier auch Pandorina morum zahlreich vertreten, dagegen sind Dinobryen nicht häufig, auch nicht Oscillatoria agardhi; einzeln ist Closterium acerosum, Arcella und Difflugia, ferner Vorticella convallaria, dagegen machen einen großen Bestandteil des Planktons verschiedene Brachionus-Arten aus, besonders häufig Brachionus pala mit Subitaneiern, auch solche häufig schwebend mit farblosen Fetttröpfchen, dazu gesellen sich Brachionus angularis, rhenanus, rubens und urceolaris einzeln, Notholca acuminata nicht selten, einzeln auch Noth. striata, labis und longispina, ferner Euchlanis triquetra, Anuraea cochlearis häufig mit rötlichen Eiern, Anuraea aculeata mit forma brevispina, Polyarthra platyptera, Synchaeta pectinata und oblonga, Triarthra longiseta, Asplanchna priodonta und einzeln Rotifer vulgaris. Cyclops ist nicht häufig, mehr Nauplienformen, einzeln auch Nematoden.

III. Main.

Kostheimer Pegel am 16. Mai 7 Uhr 0,93. Das Mainwasser hat eine bräunliche Färbung. Sichttiefe 38 cm. Sphaerotilus ist makroskopisch nicht sichtbar.

1. Main oberhalb der Kostheimer Zellulosefabrik.

a) Plankton: viel brauner, teils mit Schwefeleisen beladener Detritus, welcher mit Salzsäure eine nur schwache Kohlensäureentwicklung gibt, dagegen eine baldige Schwärzung des Bleipapiers. Zellulosefasern finden sich oberhalb der genannten Fabrik nur ganz vereinzelt, dagegen häufig gelbe und rote Farbschollen, auch braun tingierte Muskelfasern; Sphaerotilus natans ist nur in wenigen meist schon in Zersetzung befindlichen Flöckchen vorhanden, auch Bruchstücke von Oscillatoria limosa sind nicht selten. Von eigentlichen Planktonten überwiegt Brachionus pala mit Übergängen zu amphiceros, fast allen Weibchen haften Eier an, auch Triarthra longiseta ist nicht selten. ebenso Eudorina und mehr noch Pandorina. Zahlreich ist ferner Asterionella gracillima vertreten; einzeln kommen vor Dinobryon sertularia, Pediastrum boryanum genuinum und Pediastrum duplex var. reticulatum, Scenedesmus in vielen jungen und älteren Individuen, Scen. obliquus, Selenastrum acuminatum, Rhaphidium polymorphum mit var. falcatum, Closterium acerosum, Fragilaria capucina, crotonensis und construens var. venter, viel Stephanodiscus hantzschi und var. pusillus, Melosira varians, Synedra ulna var. splendens und delicatissima, Cymatopleura solea und Schalen von Naviculeen, Nitzschien, Cymbellen u. a. Arcella ist nicht selten, ebenso

Vorticellen. Von Rotatorien kommen neben den oben erwähnten noch vor Brachionus angularis, rubens und bakeri, Notholca striata, aculeata und labis, Euchlanis triquetra, Synchaeta tremula und leblose Diglena; wie im Oktober sind im Mainwasser wieder Nematoden häufig.

2. Main unterhalb der Zellulosefabrik.

a) Plankton: Dieselben Organismen, jedoch hier sehr viel Zellulosefasern.

b) Flußboden: Schlamm meist bestehend aus faulenden Holzabfällen und etwas elementarem Schwefel, azoisch.

Der Main zeigt dieselbe Verschmutzung, wie sie Berichterstatter seit länger als 3 Jahren zu beobachten Gelegenheit hatte.

Der Detritus enthält Verunreinigungen, welche gewisse oberhalb gelegene Fabriken dem Flusse zuführen, namentlich Farbstoffe, welche sowohl in Lösung als auch im suspendierten Zustande vorhanden sind. Die aus den oberhalb Kostheim gelegenen Zellstofffabriken eingeschwemmten Zellulosefasern haben sich wohl meist oberhalb der Schleusen abgesetzt, doch wurden noch Leitfragmente für Fäkalien aufgefunden. Der Detritus, also die im Flusse schwebenden leblosen Bestandteile, sind meist mit Schwefeleisen beladen; dasselbe ist gebildet nach früheren Feststellungen des Berichterstatters aus mit dem Abwasser gewisser Farbwerke und Zellstoffabriken in den Main gelangtem elementaren Schwefel durch Umsetzung im kalkalkalischen Schlamm mit Eisensalzen, gleichfalls durch Reduktion im faulenden Mainschlamm von Gips, welcher in großen Mengen aus den chemischen Fabriken in den Main gelangt. Der Gehalt an Calciumkarbonat im mineralischen Detritus ist durch aus den Fabriken zufließende freie Säuren stark vermindert, während er sonst in Flüssen mit anliegenden größeren Städten zuzunehmen pflegt.

Planktonten sind noch reichlich vorhanden, unter den Diatomaceen namentlich solche, welche eine stattgehabte Verunreinigung anzeigen, wie Melosira varians, Stephanodiscus hantzschi, Nitzschia acicularis u. a.; in mit organischen Stoffen verunreinigtem Flußwasser finden sich meist zahlreiche Brachionen, so auch hier, ebenso Notholca-Arten, besonders aber gewisse Protococcoideen, wie die aufgeführten Scenedesmus-Arten, und namentlich deren Jugendzustände. Oscillatoria limosa spricht gleichfalls für eine Anreicherung mit gelöster organischer Subtanz, ebenso die im Mainwasser vorhandenen Nematoden und Vorticellen, welch erstere jedoch mehr mit den Sedimenten aufgewirbelt sind.

Dieselben Organismen und Bestandteile des Pseudoplanktons machen sich auch noch auf der rechten Seite des Rheines geltend; sie dominieren im Vergleich zu den typischen Rheinplanktonten und lassen das Mainwasser, das sich durch seine rötlichbraune Färbung auf sehr weite Strecken am rechten Ufer bemerkbar macht, auch im mikroskopischen Bilde erkennen.

IV. Buchten bei Mainz, mit dem Rhein in Verbindung stehend.

1. Floßhafen „Casteler Lache“ gegenüber der Stadt Mainz, mit zeitweiligem Zufluß aus dem Main. Sichttiefe 53 cm.

a) Plankton oberhalb der Drehbrücke vom Boote aus: Organischer und mineralischer Detritus, wenig Sphaerotilus. Häufig ist Arthrospira jenneri, auch Euglena

viridis, im übrigen sind hier viele Rhein- und Mainplanktonten zu finden, hervorzuheben sind: viel Scenedesmus quadricauda, Asterionella, Eudorina, Closterium leibleini und acerosum, auch Gonium angulatum und von saproben Protozoen: Paramaecium caudatum und Stentor coeruleus, sowie Vorticellen, ferner Stiele von Anthophysa und von Carchesium lachmanni; Rotatorien sind hier reichlich entwickelt besonders Brachionus pala, häufig mit Ascosporidien; auch die andern Brachionen sind nicht selten, ebenso die Anuraeen, die Notholca-Arten, Synchaeten und Triarthra longiseta, mehr noch Polyarthra platyptera, auch Rotifer ist vertreten sowie Diglena, Monura usw.; von Krustazeen nur Nauplienformen.

In der Casteler Lache zeigen nicht wenige der aufgeführten Organismen eine mäßig starke Verunreinigung an, so Euglena, Arthrospira, Paramaecium caudatum, Stentor coerulens u. a. Nach eingezogenen Erkundigungen sollen in den Hafen Siele aus Kostheim einmünden, welche die Verschmutzung bewirken, an welcher zum Teil auch zufließendes schlechtes Mainwasser Schuld sein mag. Die vielen Brachionen sowie die anderen zahlreichen Rotatorien finden hier reichlich Nahrung; die Brachionen und Synchaeten weisen in ihrer Leibeshöhle häufig Parasiten wie Ascosporidium blochmani (Glugea asperospora Fr.) auf.

2. Winterhafen auf der linken Flußseite, „Sicherheitshafen“, längliche gänzlich stromlose Uferbucht. Sichttiefe 1 $^1/_2$ m.

a) Plankton: Das Plankton besteht hauptsächlich aus Massen von 3 Organismen und zwar: Asplanchna priodonta, Anuraea cochlearis und Uroglena volvox, daneben sind nicht selten Eudorina, weniger Pandorina, Asterionella gracillima, Triarthra longiseta und Bosmina longirostris-cornuta, Cyclops und Nauplien, sonst findet sich noch Oscillatoria agardhi, Botryococcus brauni, Fragilaria crotonensis, Tabellaria fenestrata aster. und Synedra ulna, noch mehr einzeln auffallenderweise Brachionus pala und Polyarthra, ebenso Synchaeta, Mastigocerca, die schlanken Synedren und dünnfädigen Melosiren. Die vielen Asplanchnen, welche auch Embryonen enthalten, haben sich von Eudorina, Auuraea cochlearis, Uroglena, Fragilarien u. a. Diatomaceen ernährt. Die Anuraeen, unter denen forma tecta, hispida und macracantha recht häufig ist, haben viel Eier von rötlicher Farbe meist mit noch dunkler roten Fetttropfen.

3. Hafen Gustavsburg oberhalb der Mainmündung, links von der Insel Bleiaue, wo ein schwacher Rheinwasserdurchstrom statthat. Sichttiefe 70 cm.

a) Plankton: viel weniger mineralischer Detritus als im Rhein, wenig Sphaerotilus, sonst die typischen Rheinplanktonten, unter denen Rotatorien viel häufiger sind als im Rhein, besonders Synchaeten, pectinata wie tremula, auch Asplanchna priodonta ist nicht selten, ebenso Triarthra longiseta wie Brachionus pala mit Übergängen zu amphiceros, oft mit 5 Eiern, und Polyarthra, während die Anuraeen nicht so häufig vorkommen. Von Krustazeen sind Bosminen, Cyclops und Nauplien nicht selten; häufig ist auch Asterionella, Osc. agardhi, Eudorina und Dinobryon.

b) Plankton zwischen Bleiaue und dem Parallelwerk, Sichttiefe 89: Dieselben Organismen, doch sind die Rotatorien etwas seltener, während die Diatomaceen häufiger vorkommen, auch Ceratoneis arcus, Ketten von Diatoma vulgare, Nitzschia palea und

sigmoidea var. apiculata, Cymatopleura solea, Pleurosigma attenuatum u. a. Bodenformen. Oscillatoria limosa ist häufig und verleiht dem Plankton den ihr eigentümlichen Geruch.

Denselben Geruch weist auch der in der Nähe der Ausmündung gehobene Schlamm oder vielmehr Schlick auf; nach dem Absieben desselben bleiben viele große rote Larven von Chironomus zurück sowie Schnecken und zwar Lithoglyphus naticoides mit auf den Schalen abgesetzten Eiklumpen (gegenseitige Eiablage).

Bemerkenswert ist die in den 3 Buchten verschiedene Entwickelung gewisser Organismen. Während in dem Winterhafen auf der linken Rheinseite Asplanchna, Anuraea und Uroglena zur Massenentfaltung kommen, dagegen Brachionus, Synchaeta und Polyarthra nur verhältnismäßig selten auftreten, finden sich diese Arten auf der rechten Rheinseite sehr viel häufiger. Spätere Untersuchungen mögen vielleicht einigen Aufschluß über dies verschiedene Verhalten zur selben Jahreszeit ergeben, auch ob die größere Klarheit des Wassers (Sichttiefe $1\frac{1}{2}$ m) und das Fehlen von mineralischem Detritus die Massenentfaltung gewisser Arten begünstigt; beispielsweise liebt Ceratium hirundinella Wasser mit viel mineralischer Substanz, darauf scheint auch das Fehlen dieses Organismus im Winterhafen zu beruhen, während er im Rhein nicht selten ist.

Ziemlich deutlich ist die Vermehrung des Rheinplanktons durch die im Winterhafen statthabende Anreicherung mit Lebewesen zu erkennen; so sind im Mainzer Profil auf der linken Seite sehr häufig Asplanchna, Anuraea cochlearis und Uroglena, welche auch im Winterhafen dominieren. Auf der rechten Seite sind natürlich die Rheinorganismen durch die Mainplanktonten verdrängt, auch die Casteler Lache ist, wie schon erwähnt, wesentlich durch Mainwasser und Kostheimer Abwässer beeinflußt, während wieder das Gustavsburger Hafengebiet teilweise mit Rheinwasser überflutet ist und zurzeit die Zusammensetzung des rechtsseitigen Rheinplanktons bei den statthabenden Mainzuflüssen nicht wesentlich beeinflussen kann.

V. Abflüsse der Stadt Mainz[1]).

1. Ausfluß oberhalb des Zollhafens, unterhalb der Straßenbrücke.

a) Plankton: Wie immer im Rhein viel mineralischer Detritus und die für die Jahreszeit typischen Rheinplanktonten, daneben auch Cyclotella comta forma quadrijuncta, Ceratoneis arcus u. a., wenig Rotatorien; für die Beurteilung in Betracht kommend: Euglena deses, Köpfe von Carchesium lachmanni, Nematoden, Closterium acerosum, Oscillatoria limosa und Melosira varians, sonst noch Sphaerotilus natans in kleinen Flocken.

b) Besatz in der Rohrmündung: Abfall und Detritus mannigfacher Art, dazwischen viel Ketten von Diatoma vulgare, auch viel Melosira varians, Röhren von Encyonema prostratum, etwas Ulothrix zonata, Nematoden und Oligochaeten.

c) Besatz an der Mauer unterhalb des Siels: Dieselben Organismen wie bei b, jedoch noch mehr Oligochaeten und häufig Gammarus fluviatilis.

[1]) Die Fäkalien werden zurzeit noch nicht durchweg in das Kanalnetz aufgenommen.

d) Flußboden: Im Dretschebeutel nur einige Schlackestücke und Gammarus fluviatilis.

2. Ausfluß etwa 300 m oberhalb der Kaiserbrücke, hier Sichttiefe 83.

a) Ufersteine mit grauem Besatz: viel Detritus mit Diatoma vulgare usw. wie oben, auch noch Lyngyba aerugineo-coerulea.

b) Flußboden: viele Steine, auf der Oberseite mit Besatz von Cladophora, viele Röhrchen von Chironomiden-Larven und Nefelis-Kokons, mikroskopisch: Lionotus fasciola u. a. mesosaprobe Protozoen, viele Ketten von Diatoma vulgare, Euchlanis, Oligochaeten und Nematoden.

3. Weiter unterhalb Flußboden normal.

Die Abwässer der Stadt Mainz sind nicht imstande, den Rhein auf weitere Strecken als ganz in der Nähe der Abflüsse zu verunreinigen; auch hier ist die Verunreinigung eine nur geringe. Was von Abfällen die Strömung nicht weiter führt, wird von gewissen Vertretern der gröberen Fauna, wie von Flohkrebsen, vielen Insektenlarven und verschiedenen Würmerarten beseitigt; auch eine reiche Diatomaceenflora — besonders kommt hierbei Diatoma vulgare und Melosira varians in Betracht — nährt sich von der ursprünglich faulenden dann aber zersetzten organischen stickstoffhaltigen Substanz. Im Plankton werden diesmal innerhalb der Siele keine Leitfragmente für Fäkalien, wie im vergangenen Oktober, festgestellt.

Den 17. Mai 1906.

Mainzer Pegel 1,30. Der Rhein steigt von Tag zu Tag (Mainzer Pegel am 12. Mai beim Beginn der Untersuchung morgens 1,09, am 13. = 1,11, am 14. = 1,13, am 15. = 1,20, am 16. = 1,25; auch der Main ist im Steigen begriffen: Kostheimer Pegel am 12. = 0,71, am 13. = 0,72, am 14. = 0,74, am 15. = 0,80, am 16. = 0,86, am 17. = 0,93).

Sichttiefe bei Mainz 55 cm. Temperatur: Luft 12,0°, Wasser 17,0°. Wetter: bewölkt, später Regen.

Reaktion des Wassers: neutral, nach 5 Minuten deutlich alkalisch.

VI. Salzbach und Umgebung.

1. Oberhalb der Salzbachmündung auf der rechten Flußseite und rechts von der Petersaue.

a) Flußboden, erster Dretschezug: Abfälle verschiedener Art, auch Haarwülste. Zweiter Dretschezug weiter unterhalb: nur Sand, azoisch.

2. Salzbach selbst. Sein Wasser ist vormittags 10 Uhr stark trübe und fäkalartig stinkend, es stinkt sogar in geschöpften geringen Mengen; viele Flocken von käsigem Aussehen treiben auf dem Salzbachwasser dem Rheine zu, um 10¼ Uhr führt der Bach auch nicht selten frische Menschenkotballen von Wallnussgröße! Die Reaktion des Wassers ist ziemlich stark alkalisch.

a) Plankton: Sphaerotilus natans und viele Zoogloeen, Textilfasern verschiedener Art, viel vegetabilischer Detritus mit Spiralgefäßen usw., Muskelfasern, gelb und braun, teils mit noch deutlicher Querstreifung; von saproben Organismen Vorticella microstoma

und Paramaecium putrinum sowie caudatum, von Diatomaceen nur etwas Diatoma vulgare.

b) Treibende Flocken: Dicke Zoogloeen ohne Protozoen, Beggiatoen, Textilfasern, Fett usw.; andere Flocken, oft als lange Strähnen, enthalten auch Wasserformen von Schimmelpilzen, so von Mucor, doch befindet sich dieses Mycel in Zersetzung; hier gleichfalls viele Fettropfen.

c) Grünlicher Belag auf untergetauchten Ufersteinen: Protococcus-Zustände von Grünalgen, Textilfasern (rot gefärbtes Leinen, blaue und graue Wolle usw.). Sichttiefe (stets im Durchschnitt von 3 Proben) 30 m oberhalb der Salzbachmündung 49 cm.

Sichttiefe Salzbach selbst	12 cm
„ 15 m unterhalb am Ufer	24 „
„ ebenda, doch 10 m vom Ufer entfernt . .	24 „
„ „ „ 15 m „ „ „ . .	25 „
„ 130 m unterhalb	28 „
„ 300 m „	38 „
„ 300 m „ und 80 m vom Ufer . . .	53 „

3. Rhein 100 m unterhalb des Salzbachflusses.

a) Flußboden: Grauschwarzer Schlamm, stark fäkalartig riechend, gesiebt: Abfall verschiedenster Art, besonders Papierfetzen, faulende Pflanzenreste, scheinbar Gemüseabfall usw., azoisch.

b) Besatz an einem hier seit einigen Tagen lagernden Floß, flottierend: Sphaerotilus natans und viel Zoogloeen, viele Monaden (Oikomonas und Bodoarten), dazwischen junge Larven von Chironomiden; ein längere Zeit oberhalb der Salzbachmündung liegendes Floß weist einen solchen Besatz nicht auf.

4. Rhein weiter unterhalb am Drahtseil der Pontonbrücke.

a) Grauer flockiger Besatz: meist Sphaerotilus natans mit wenig Zoogloeen, dazwischen junge Chironomidenlarven und Asseln; einzelne Spirogyrafäden.

b) Steine unter Wasser in der Ufernähe: Meist mit schwarzem Belag, welcher mit Salzsäure starke Schwefelwasserstoffentwicklung gibt; sogar die hier gefundenen Schnecken (Paludina vivipara) sind mit Sphaerotilus besetzt; zwischen den Steinen viele Egel (Nephelis vulgaris) und Asseln (Asellus aquaticus).

c) Plankton: Typische Rheinplanktonten mit viel Sphaerotilus natans, auch braune Muskelfasern sind recht häufig, ebenso Zellulosefasern; viel typische Abwasserorganismen wie Carchesium lachmanni, Vorticellen, Chilodon, Monaden usw., auch Nematoden; ferner finden sich violett und anders gefärbte Schollen.

5. Rhein, Landungsbrückenponton bei Biebrich, der Badehausgesellschaft Ezelius gehörig, 400 m unterhalb der Salzbachmündung.

a) Brückenbesatz: Moos (Amblystegium riparium) vom steigenden Rhein überflutet mit grauen Flocken und viel Abfällen, dazwischen viele Asseln und rote wie graue Chironomuslarven, auch Egel (Nephelis) und Oligochaeten, darunter Limnodrilus. Mikroskopischer Befund: Vorwiegend Sphaerotilus mit vielen Nematoden und saproben Protozoen wie Chilodon cucullulus u. a.; hier treten wieder einige Kieselalgen auf, vorwiegend Synedra ulna, keine Melosira varians oder Diatome vulgare.

Der Salzbach ist äußerst stark verunreinigt. Die gröbsten Verunreinigungen wurden ihm am Tage der Begehung durch die Abwässer der Stadt Wiesbaden zugeführt. Selbst bei dem hohen Wasserstande des Rheins tritt erst 300 m unterhalb des Salzbachzuflusses eine in Betracht kommende Vermischung mit dem Rheinwasser ein. Bis dahin zeigen die Faulstoffe des Salzbaches ihre Wirkung nicht bloß auf das Plankton und das Ufer, sondern ganz besonders auch auf den Flußboden; derselbe enthält auf der Strecke bis mindestens 100 m unterhalb des Salzbaches kein tierisches Leben.

VII. Die chemische Fabrik Kalle & Co. hat nach Angaben für die einzelnen Betriebe, namentlich für die älteren, verschiedene Konzessionen, ohne daß für die Ableitung und den Charakter der Abwässer in den Urkunden Bedingungen gestellt sind; den Anordnungen der Strompolizei soll deshalb seitens der Fabrikleitung Widerstand geleistet werden.

1. Ein Abwasserausfluß (gemauerter Kanal) mündet bald unterhalb des Salzbaches am Ufer aus; aus demselben strömt, über die Ufermauer fließend, rotgefärbtes Wasser von stark saurer Reaktion; es läuft sodann in eine durch Steine gebildete Uferstauung. Trotzdem hier nur ein geringer Wasserwechsel durch Rheinwasser statt hat, ist die Reaktion eine nur schwach saure geworden, 2 m unterhalb der Ausmündung ist sie kaum noch in schwachem Maße wahrzunehmen, 5 m unterhalb dagegen gänzlich verschwunden. Der chemische Faktor der selbstreinigenden Kraft des Rheinwassers hat hier den normalen Zustand wieder hergestellt.

Von dem aus der Leitung strömenden Abwasser war eine Probe für die chemische Untersuchung zu Berlin entnommen worden, welche folgendes Resultat ergab:

Sehr starke Reaktion sowohl auf Chlor wie auf Schwefelsäure; 100 ccm erforderten zur Neutralisation 40,8 ccm $\frac{n}{10}$ KOH (Indikator Phenolphthalein) entsprechend 1999 mg SH_2O_4 im Liter oder 1489 mg HCl. Es kommen demnach auf 1 ccm Abwasser ungefähr 4 kg roher Säuren; diese werden im Rhein, wie aus den vorstehend angeführten tatsächlichen Beobachtungen hervorgeht, fast spielend verarbeitet. Zweckmäßiger wäre freilich, wenn das so stark saure Wässer führende Abflußrohr unmittelbar in die Strömung des Rheins geleitet würde.

2. Ein zweiter Ausfluß mündet dagegen mehrere Meter vom Ufer entfernt im Rheinstrome unter Wasser aus; das ausströmende Abwasser macht sich in starkem Auftrieb durch eine dunkel violette Färbung bemerkbar, ebenso durch eine saure Reaktion trotz schon erfolgter Mischung mit dem Rheinwasser; die hier zuströmenden Abwässer müssen demnach noch viel mehr Säure enthalten, als die im ersten Abfluß. 15—20 m weiter unterhalb ist die saure Reaktion indessen gänzlich verschwunden. Neben der Verunreinigung des Rheines durch Säuren und Farbstoffe aus der Kalleschen Fabrik macht sich auch eine solche durch teerartige Bestandteile auf der Wasserfläche deutlich bemerkbar, namentlich durch ölartige Ausbreitungen auf der Wasseroberfläche.

Es sollen noch mehrere Unterwasserausflüsse vorhanden sein, doch können Verunreinigungen nicht weiter festgestellt werden.

Die Verunreinigung durch Farbstoffe, welche sich auf dem rechten Rheinufer häufig noch bis Caub bemerkbar machen, wird nach obigen Feststellungen nicht allein durch das verfärbte Mainwasser verursacht, sondern teilweise auch durch das Abwasser aus der Kalleschen Fabrik.

VIII. Ochsenbach.

Aus demselben fließt fast andauernd milchig getrübtes Wasser ab, welches sich beim Zufluß in das am rechten Ufer braunrötliche Rheinwasser von diesem deutlich unterscheidet. Wegen seines flachen Wasserstandes ist der Ochsenbach nicht mit dem Boote zu befahren, auch wegen seiner Überwölbung nicht weiter zu begehen. Nach Angaben des Strommeisters Clemens sollen dem Ochsenbach auch Abwässer der Stadt Wiesbaden zufließen, so beispielsweise aus den Häusern der Adolfsallee, aus dem Vorort Dotzheim usw., ferner soll ein Kanal, aus dem Schloß und aus anderen Biebricher Ortsteilen kommend, in den Ochsenbach einmünden.

Sichttiefe 43 cm.

a) Plankton: Sphaerotilus in kleinen Flocken, Abwasserprotozoen wie Paramaecium aurelia, Lionotus fasciola, Vorticellen, Gerda usw.; ferner kommen hier Tintinnidium fluviatile, Phacus pleuronectes, Synura, Ketten von Diatoma vulgare, Stephanodiscus hantzschi, Synedra ulna sowie Oligochaeten vor, ferner Rheinorganismen wie Eudorina, Asterionella, Tabellaria, Fragilaria crotonensis, Anuraea chochlearis, Synchaeten usw., wohl durch Rückstau zugeschwemmt.

b) Grüne Algen auf dem Zementgrunde des Auslaufes: Cladophora glomerata, teils fruktifizierend, teils abgestorben, mit viel Sphaerotilus natans; zwischen den Cladophora-Fäden viele Ketten von Diatoma vulgare, an den älteren Fäden viele Gomphonemen, Synedren usw.; an den Seitenmauern finden sich gleichfalls Flocken von Sphaerotilus mit Vorticella campanula, Melosira varians usw.

20 m unterhalb der Ochsenbachmündung ist Sphaerotilus nicht mehr aufzufinden, wenigstens nicht bei dem hohen Wasserstande, bei welchem sich die Verunreinigung des Rheins durch den Ochsenbach überhaupt nicht weiter bemerkbar macht.

IX. 6 Fabriken oberhalb des Schiersteiner Hafens.

1. Unterhalb der Dachpappenfabrik hat sich sehr viel teerartiger Schlamm abgelagert, welcher nach dem Absieben azoisch ist.

2. Dagegen finden sich in dem Schlamm unterhalb der anderen Fabriken große Paludinen und viele Muscheln (Sphaerium) lebend vor, auch Larven und Chironomiden.

Im Kribbenfelde vor der Vaselinfabrik werden mit einem Dretschezuge fünf einsömmerige 3—4 cm große Bresem (Abramis brama) erbeutet, von denen der Mageninhalt des größeren Fisches untersucht wird mit folgendem Befund: viel Oscillatorien und Ulothrix zonata sowie schon zersetzte Cladophora, Rotifer ist noch zu erkennen, von Kieselalgen sehr viel Navicula cryptocephala, Fragilarien usw.

3. Unterhalb des Ausflusses aus der chemischen Fabrik von Otto & Co., in welcher Kunstdünger und Leim fabriziert wird, wird folgender Befund erhoben:

Das abfließende Wasser ist klar und geruchlos, auch von normaler Reaktion. In der stillen Bucht, welche die Abwässer aufnimmt, d. h. in dem Kribbenfeld, haben

sich bedeutende Schlick- und Schlammmassen angehäuft, den ganzen Umfang der 2000 qm großen Bucht einnehmend. Der Schlamm ist von schwarzer Farbe und stinkend, mit Salzsäure entwickelt sich neben viel Kohlensäure auch viel Schwefelwasserstoff; nach dem Absieben bleibt Kies zurück, welcher durchweg schwarzen Belag aufweist, aus dem, mit Salzsäure übergossen, sich viel Schwefelwasserstoff entwickelt.

Unterhalb der sechs Fabriken zeigt das Rheinwasser eine normale Reaktion. Durch dieselben wird demnach nicht das Rheinwasser selbst schädlich beeinflußt, sondern nur der Flußboden im ganzen Bereiche des Kribbenfeldes.

X. Schiersteiner (Walluf-Budenheimer) Profil.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 63.

a) Plankton: Sphaerotilus natans ziemlich häufig, auch Oscillatoria limosa nicht selten, sonst typisches Rheinplankton; auf der Oberfläche des konservierten Planktons hat sich eine dünne schwachgrüne Schicht von Oscillatoria agardhi gebildet, Eudorina ist häufig in verschiedenen Entwickelungszuständen, Pandorina seltener, Dinobryen nicht selten, Asterionella mit Frusteln bis zu 110 μ Länge, auch solche von durchschnittlich 60 μ, Scenedesmus quadricauda in größeren Coenobien, Scenedesmus obliquus, Selenastrum acuminatum ziemlich häufig, Pediastren lebend und abgestorben, ferner Gonium, Sphaerocystis, Dictyosphaerium pulchellum, Closterium acerosum, Lyngbya limnetica und Spirogyrafäden; von anderen Kieselalgen Nitzschia acicularis und sigmoidea, Stephanodiscus hantzschi, Cyclotellen, Synedren, Gomphonemen, Naviculeen usw.; auch einzelne Vorticellen finden sich, von Carchesium lachmanni nur Stiele; ferner Arcella, Cyphoderia, viel Rotatorien und deren Eier, besonders Brachionen, unter diesen am häufigsten Brachionus pala mit Übergängen zu amphiceros, auch Brachionus angularis und urceolaris ist nicht selten, ferner Anuraea cochlearis mit rötlichen Eiern sowie die Varietäten macracantha, tecta und hispida, ferner Anuraea aculeata, Triarthra longiseta, Polyarthra, Asplanchna, Notholca striata ziemlich häufig, seltener Notholca labis, Synchaeta tremula und pectinata, Euchlanis, auch Rotifer vulgaris und abgestorbene Diglena sowie Nematoden; Cyclops ist seltener, Nauplien häufiger; schließlich kommen nicht selten Puppenhüllen von Culex vor, auch einzelne Mückeneier in der Entwicklung, wahrscheinlich durch das Hochwasser von der Eltville gegenüber gelegenen Insel, der sog. Mückeninsel, abgeschwemmt.

b) Flußboden: Beim ersten Dretschezug: Kies teils mit grünlichem Besatz, mikroskopischer Befund: Ulothrix zonata, Oscillatoria limosa und chalybea, Closterien und viel Navicula cryptocephala, Philodina roseola und erythrophthalma. Mit Salzsäure entwickelt sich Kohlensäure, kein Schwefelwasserstoff.

Beim zweiten Dretschezuge: nichts.

c) Brauner pilzartiger Besatz an der Badeanstalt, welche seit ungefähr drei Wochen neu aufgebaut ist, mit dem Pfahlkratzer unter Wasser entnommen.

Mikroskopischer Befund: Meist Sphaerotilus natans mit Melosira varians und Diatoma vulgare und anderen Kieselalgen, auch Tubificiden und Larven von Chironomiden. Nach Angabe des Strommeisters befinden sich auf der Ingelheimer Aue verschiedene Fabriken, wie eine Holzschneiderei, Sägewerke, auch eine Gasfabrik. Ferner sollen weiter oberhalb täglich die Abfälle aus dem Mainzer städtischen Schlachthof

oft in großen Massen auf Schiffe verfrachtet werden; beim Verladen mit Schaufeln sollen aus Unachtsamkeit Abfälle in das Rheinwasser gelangen. Aus diesen Verunreinigungen entsteht wohl die auf dem linken Ufer festgestellte Sphaerotilus-Bildung. Bei der Oktoberuntersuchung wurden hier auch Zoogloeen aufgefunden, welche auf eine noch stärkere Verunreinigung hinweisen. Bei der nächsten Untersuchung soll der oberhalb liegenden Verunreinigungsquelle weiter nachgegangen werden.

B. Strommitte, Sichttiefe 68.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton, jedoch viel mehr mineralischer Detritus nebst feinem tonigen, auch mehr vegetabilischer und animalischer Detritus als auf der linken Flußseite; dagegen weniger Rotatorien, im 5 Minuten langen Zuge mit dem großen Netze ungefähr 3 cbm Rheinwasser filtrierend nur Asplanchna, Synchaeten, Anuraea cochlearis, Brachionus pala und Euchlanis aufgefunden, Nitzschia acicularis ist hier nur ganz vereinzelt, Cyclops und Nauplien etwas häufiger, auch junge Larven von Chironomiden, sonst noch Chantransia chalybea, Botryococcus brauni, Uroglena volvox, Melosira varians, einzeln dicke Flocken von Sphaerotilus, Zellulosefasern wie Holzschliff und Strohfragmente, zersetzte Cladophora und Closterien; auch noch einzeln lebende Nematoden.

b) Flußboden: Viel Sand, azoisch, nach dem Absieben nur einige Fontinalisbüschel.

C. Rechte Flußseite, Sichttiefe 55. Temperatur der Luft mittags $3^1/_2$ Uhr 13,2°, des Wassers 16,2°.

a) Plankton: Auch viel feiner toniger Detritus, ebenso Zellulosefasern; Rotatorien häufiger wie in der Mitte, besonders Asplanchna, Brachionus, Synchaeta, Anuraeen, Triarthra, Gastropus stylifer und Rotifer vulgaris, letztere drei einzeln. Von Protozoen: Stentor coeruleus und roeseli, Vorticella sp., Arcella, auch Synura uvella kommt vor, gleichfalls viele Bruchstücke von Oscillatorien meist 16 μ breit, kleine Flocken von Sphaerotilus natans; von Krustazeen: Cyclops, Diaptomus und Nauplien. Von Fabrikabfällen finden sich hier neben Zellulosefasern besonders viele meist rote Farbschollen, seltener violette, auch gelbe und braune Muskelfasern, Fettröpfchen, Textilfasern usw.

b) Flußboden: Sand mit Kies, teils mit schwarzem Belag und etwas stinkend.

c) Pontonbesatz: Fontinalis und Cladophora mit Detritus verschiedener Art, auch Ulothrix zonata und subtilis, Navicula cryptocephala, dazwischen viel Philodina roseola, anch Nematoden und junge Chironomus-Larven. $^1/_2$ m tiefer: Derselbe Befund, jedoch noch Cristatella mucedo, mehr Tubificiden und noch Diatoma vulgare.

Freitag, den 18. Mai 1906.

XI. Oestrich-Winkel-Selz-Freiweinheim.

Temperatur der Luft morgens $7^1/_2$ Uhr 13,2°, des Wassers 15,2°. Wetter bewölkt, später andauernder Regen. Mainzer Pegel 1,39, mittags 1,40. Bingener Pegel 2,10, mittags 2,13, stetig steigend.

Reaktion des Rheinwassers wie bisher.

1. Abfluß aus der chemischen Fabrik von Köpp & Co. in Oestrich.

Am Morgen des 18. Mai fließt kein Wasser ab, dagegen ergoß sich abends vorher um 6 Uhr, und später nochmals, ein starker weiß gefärbter Abwasserstrom in den Rhein, welcher noch einige hundert Meter weit am rechten Rheinufer zu verfolgen war. Sichttiefe auf dem rechten Ufer 57.

2. Am linken Ufer befindet sich ein schmaler Rheinarm, in diesen ergießt sich die Selz, welche den größten Teil der Tagwässer von Rheinhessen dem Rheine zuführt, aber auch die Abflüsse von $3^1/_2$ km weiter oberhalb liegenden Fabriken fließen in die Selz und zwar aus einer Zementfabrik (Süddeutsche Zementverkaufsstelle Heidelberg), aus der chemischen Fabrik von H. Böhringer, welche hauptsächlich Weinstein, Milchsäure und Morphium fabriziert, und aus einer Schwärzefabrik.

a) Flußboden in der Rheinbucht: Unterhalb der Selz haben sich bedeutende Massen von Schlamm angehäuft, welcher von schwarzgrauer Farbe und faulig-moorigem Geruche ist. In dem abgesiebten Schlamm finden sich viele faulende Blätter, von Organismen nur vereinzelte Tubificiden. Nach Angabe machen sich an dieser Stelle während der warmen Jahreszeit arge Geruchsbelästigungen geltend. Die Sichttiefe beträgt hier nur 11 cm.

2. Am Ende der Bucht dem Rheine zu findet sich mehr normaler Schlamm, d. h. hier durch die Stauung in größeren Mengen abgelagerter „Rheinschlick". Nach dem Absieben bleibt gröberer Kies zurück sowie einige rote Larven von Chironomus plumosus. Die Reaktion ist in beiden Fällen eine normale.

3. Landungsbrücke Freiweinheim.

a) Besatz in der Spritzzone: Grüne Algenflocken, bestehend aus Cladophora glomerata mit vielen Ketten von Diatoma vulgare, mehr einzeln ist Synedra ulna, Navicula cryptocephala, Encyonema ventricosum usw. Auch zahlreiche Kolonien von Vorticellen, meist von Campanula sowie Lionotus fasciola, Rotifer vulgaris und Chlamydomonas.

b) Besatz in $^1/_2$ m Tiefe: Algenflocken mit sehr viel mineralischem Detritus, sonst dieselben Organismen wie oben, jedoch noch viele Tubificiden und Nematoden, auch viel mehr Rotifer vulgaris, gleichfalls Philodina roseola, Diglena sp., ebenso Vorticella campanula und Chlamydomonas, auch Ulothrix zonata nicht selten, einzeln Ulothrix subtilis.

4. Profil Winkel.

A. Linke Flußseite, Sichttiefe 67 cm.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit viel mineralischem Detritus, auch Sphaerotilus in kleinen sich zersetzenden Flocken, gleichfalls in Zersetzung begriffene Cladophora, ebenso Ulothrix und Spirogyra, schlanke Synedren und dünne Melosiren werden häufiger, auch Cyclotellen sind nicht selten. Oscillatoria agardhi ist ziemlich häufig, derart, daß sich in dem mit Formalin konservierten Plankton an der Oberfläche eine grünliche Schicht dieser Alge gebildet hat, während der obere Teil des Sedimentes eine mehr hellgrüne Farbe hat, besonders von Eudorina, weniger sind darin vorhanden Pandorina und Uroglena volvox, Closterium acerosum, Melosira varians und Nitzschia sigmoidea einzeln; von Rotatorien: Asplanchna priodonta (Länge durchschnittlich 55 μ, Verhältnis der Länge zur Querachse wie 1,4 : 1), Anuraea cochlearis mit Varietäten,

Anuraea aculeata, Synchaeta tremula nicht selten, mehr einzeln Synch. pectinata, Brachionus pala und urceolaris, Triarthra, Polyarthra, Euchlanis, Dinocharis, Notholca striata und Rotifer vulgaris. Bosminen sind ziemlich häufig, Cyclops mehr einzeln, Nauplien häufig; ferner kommen noch vor Nematoden und Eier von Dipteren.

B. Strommitte, Sichttiefe 62 cm.

a) Plankton: Dieselben Organismen wie auf der linken Flußseite, jedoch ist dem mineralischen Detritus hier viel feiner tonartiger beigemischt. Von Rotatorien sind dieselben Arten vorhanden, besonders Asplanchna, jedoch in viel geringerer Anzahl. Auch Sphaerotilus findet sich hier, meist in Zersetzung begriffen, ferner Zellulosefasern und Holzschliff sowie Textilfasern, nicht selten Bruchstücke von Oscillatoria limosa, von Protozoen noch Vorticella campanula und Paramaecium bursaria.

b) Flußboden: Bei einem 30 m langen Dretschezug viel Sand. Nach dem Absieben gröberer Kies mit Büscheln von Fontinalis, Cinclidotus und Cladophora, Schalen von Bythinia, Fischschuppen usw.

C. Rechte Flußseite.

Am Ende des Leitwerkes, also schon etwas im Rückstau des Rheinwassers (die Entfernung von der Oestricher Fabrik bis zum Ende des Leitwerkes beträgt 2,8 km).

a) Plankton: Weniger Detritus, wie in den letzten Proben, sonst typisches Rheinplankton mit zahlreichen Rotatorien, besonders mit Brachionus pala, auch Asplanchna priodonta, Anuraeen, Synchaeten, Euchlanis sind nicht selten sowie Rotifer vulgaris, Actinurus neptunius, Notholca striata; gleichfalls Crustaceen, neben Cyclops viele Nauplien, ferner Bosminen und einzeln Chydorus sphaericus. (Im Plankton, das auf der rechten Seite morgens bei Oestrich gefischt war, wurde auch Euglena viridis gefunden, jedoch nur einzeln, ferner Scenedesmen).

b) Flußboden: Sehr viel Steine, durchschnittlich 5 cm groß, alle auf der Unterseite mit schwachem schwärzlichen Belag, welcher mit Salzsäure eine geringe Entwicklung von Schwefelwasserstoff gibt; die Oberseite der Steine weist häufig roten Belag auf, welcher zuerst für Farbstoff gehalten wurde, sich aber bei der mikroskopischen Untersuchung als aus der Rotalge Hildenbrandia rivularis bestehend erwies. Zwischen den Steinen finden sich häufig Larven von Hydropsyche und von Chironomiden, auch nicht selten solche von Leptocerus, ferner viel Gammarus pulex sowie einzeln Nephelis, Gulnaria auricularia, Naucoris; ferner von Algen Büschel von Cladophora glomerata, teils solche mit dunkelgrünen, dickwandigen Fäden, teils solche von hellgrüner Farbe, mit dünnwandigen Zellen und wenig Kieselalgenbelag.

c) Ufersteine, häufig mit rotem Besatz von Hildenbrandia, teils auch mit grünen Rasen von Ulothrix zonata, dazwischen nur wenig Cladophora und einzeln Makrobiotus. Auf anderen Steinen findet sich nicht selten ein graugrünlicher Belag, welcher hauptsächlich aus potamophilen Kieselalgen, besonders Nitzschia acicularis und Synedra ulna bestand, ferner aus Diatoma vulgare, Navicula cryptocephala, Encyonema ventricosum u. a., ferner noch Scenedesmus obliquus und Selenastrum acuminatum.

d) Der Besatz an einem Schwimmer (Holzboje) weist viel mineralischen Detritus auf mit jungen Larven von Chironomiden, Tubificiden und Nematoden, sowie den

eben genannten Diatomaceen mit mehr Melosira varians; auch einzelne Oscillatorienfilze finden sich.

5. Chemische Fabrik von Goldenberg, Geromont & Co.

Um $11^1/_2$ Uhr fließt nur wenig Abwasser, um 12 Uhr gleichfalls, in beiden Fällen ist es farblos und von neutraler Reaktion (bei der Oktoberuntersuchung floß rotes viel Gips enthaltendes Abwasser aus).

a) Rheinplankton im Abwasserstrom (nach 2 Minuten langem Absetzenlassen untersucht): Typisches Rheinplankton mit etwas Sphaerotilus und Zellulosefasern. Eudorina nur noch schwach sich drehend, Synura und Dinobryen absterbend, Epistylisstiele mit abgestorbenen Köpfen, Nematoden nur noch schwach lebend, Notholca labis abgestorben, die anderen Rotatorien sich kontrahierend: von lebenden Protozoen: Stentor roeseli, Vorticella campanula und ganz einzeln Trachelius ovum, sonst viel weißer Detritus und einzelne Kristalle (schwefelsaurer Kalk) sowie rote Fragmente.

b) Flußboden unterhalb des Abwasserzuflusses: Nur rot gefärbter Sand, nach dem Absieben azoisch.

Trotz seiner neutralen Reaktion scheint das Abwasser einen schwach schädlichen Einfluß auf die Organismen des Planktons auszuüben, mehr wohl noch auf die Fauna des Grundes.

Auch oberhalb der Fabrik auf der rechten Rheinseite macht sich die braunrötliche Färbung des Wassers (vom Main sowie aus der Kalleschen Fabrik herrührend) noch deutlich bemerkbar im Gegensatz zur linken Stromseite, deren Wasser vom Schiffe aus ein graugrünliches Aussehen hat. Durch die Bestimmungen der Sichttiefe macht sich dieser Unterschied gleichfalls bemerkbar; dieselbe beträgt auf der linken Seite 67, in der Mitte 62, auf dem rechten Ufer nur 57 cm.

Da bei dem von Tag zu Tag höher steigenden Wasser und den gänzlich überfluteten Buhnen sowie stillen kleinen Wasserwinkeln die Uferstrecken nicht eingehender zur Untersuchung kommen können, wird an mehreren Flußquerschnitten der Zusammensetzung des Planktons desto mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Bei den Planktonfängen wird überall gleichmäßig 5 Minuten lang das Rheinwasser durch das große Planktonnetz (wie oben beschrieben, stets für das Rheinplankton angewendet) durchströmen lassen. Es zeigt sich hierbei zunächst, daß der beim Beginn der Untersuchung auf der ganzen Rheinstrecke makroskopisch deutlich sichtbar treibende Wasserpilz Sphaerotilus natans auf der letzteren Strecke stark im Abnehmen begriffen ist; die in verhältnismäßig geringen Mengen stromabwärts treibenden Pilzflocken zeigen keine frische Bildung mit Ausnahme unterhalb des Salzbaches, sondern sind meist in Zersetzung begriffen. Mag dabei einerseits die größere Verdünnung des Flusses durch Regenwasser die Ursache sein, so sind es auf der anderen Seite wohl Beeinflussungen physikalischer Art, welche das Zurückgehen dieses von oberhalb bisher in großen Mengen zutreibenden Pilzes veranlaßt haben, namentlich die zunehmende Wassertemperatur, welche jetzt im Durchschnitt 17° C. beträgt. Die Bedingungen der Zu- und Abnahme der Wasserpilzbildung während der verschiedenen Jahreszeiten sind durch exakte Untersuchungen bis jetzt noch nicht festgestellt.

Was die normalen Bestandteile des Rheinplanktons im Wechsel der Jahreszeiten betrifft, so kann darüber noch kein abschließendes Urteil gefällt werden, solange noch keine Ergebnisse von Winteruntersuchungen sowie bei niederen Wasserständen vorliegen. Von Diatomaceen scheint nach den bisherigen Resultaten die Tabellaria fenestrata forma asterionelloides stets zu überwiegen, dagegen Diatoma elongatum zurückzutreten, ebenso ist Fragilaria crotonensis sehr viel häufiger als Fragilaria capucina, Melosiren scheinen gleichmäßig vorzukommen. Es überwiegen die beiden Arten Melosira crenulata var. tenuis und ambigua. Melosira varians ist keine typische Planktonalge, sie verlangt mehr Nitrate zu ihrer Ernährung, also bereits mineralisierte organische Substanz. Cyclotellen finden sich im Rheinplankton nur einzeln, häufiger schlanke Synedren wie Synedra delicatissima und longissima, Synedra ulna, besonders mit ihrer var. splendens, bildet einen Bestandteil des Ufer- und Steinbesatzes, sie ist auch nur als ein zufälliger Bestandteil des Planktons anzusehen.

Wasserblütebildende Algen kommen verhältnismäßig wenig vor; die wohl aus Schweizer Seen stammende Oscillatoria rubescens findet sich auf der Strecke von Waisenau-Mainz ab nur in vereinzelten Fäden, dagegen ist die ihr äußerst ähnliche Oscillatoria agardhi recht häufig, so daß sie sich in fixierten Planktonproben als grünliche Schicht auf der Oberfläche des noch verdünnten Planktons ansammelte. Ganz vereinzelt kommt noch Gomphosphaeria lacustris vor, Polycystiskolonien noch seltener und dann meist schon in zersetztem Zustande. Von Grünalgen ist jetzt im Rhein am häufigsten vertreten die Familie der Volvocaceen in den Gattungen Pandorina und ganz besonders Eudorina, seltener Gonium. Von Hydrodictyaceen fehlt nie die Gattung Pediastrum, aber nur einzeln vorkommend; von Pleurocoaccaceen je nach der Anreicherung mit organischer Substanz häufig Scenedesmus quadricauda und obliquus, auch Selenastrum und Rhaphidium, von Tetrasporaceen Botryococcus und Dictyosphaerium pulchellum. auch nur einzeln. Conjugaten sind bisher nicht häufig aufgefunden, die Art Closterium acerosum ist an keine Jahreszeit gebunden, sie liebt mit organischer stickstoffhaltiger Substanz nicht stark angereichertes Wasser und zeigt, wenn auch nur einzeln vorkommend, dementsprechend Verunreinigungen an.

Die Klasse der Flagellaten ist dagegen viel reichlicher vertreten, am häufigsten Dinobryen, Synura und Uroglena, ferner in gewissen Buchten Colacium vesiculosum, Cryptomonas, Trachelomonas, Phacus u. a.; aus der Klasse der Peridineen vor allem Ceratium hirundinella, Peridiniumarten dagegen ganz einzeln. Was die verschiedenen Algengruppen anbetrifft, einschließlich der genannten Flagellaten, Peridineen und typischen Plankton-Diatomaceen, so hat sich die Zusammensetzung des Planktons von Waisenau bis Winkel also vom 12. bis zum 18. Mai nicht wesentlich geändert, trotzdem der Rhein und besonders seine Nebenflüsse stetig im Steigen begriffen waren. Häufiger nur sind, abgesehen von den Arten agardhi und rubescens, die Oscillatorien geworden, deren Bruchstücke sich im Plankton jetzt immer häufiger finden; ihre Bestimmung ist in vielen Fällen, namentlich bei den meist fehlenden Endstücken, nicht mehr möglich, doch konnten oft noch die Arten limosa, tenuis und chalybea erkannt werden, auch Scheiden von Phormidien. Diese Oscillatoriaarten, die auch in verschmutztem Wasser gut vegetieren, zeigen immerhin an, daß oberhalb Verunreinigungen,

wenn auch mehr lokalisierte, stattgefunden haben. Mehr typische Vertreter der Abwasserorganismen sind die Euglenen, wenn sie in Massen auftreten sogar als Polysaprobien[1]); sie wurden einzeln nur auf der rechten Rheinseite aufgefunden.

Einen mehr wechselnden Bestandteil im Rheinplankton bilden die Rotatorien, doch fehlen sie in keiner auch nur kurz gefischten Probe. Im allgemeinen sind sie in der Strommitte viel weniger zahlreich zu finden als an den Seiten. Der Grund dafür liegt darin, daß sie hier aus stillen Buchten, in welchen sie oft zur Massenentwicklung gelangen, zugeschwemmt werden; aber auch in der Strommitte scheinen die planktonischen Formen der Rädertiere ihre Lebensbedingungen zu finden, da sie in ihrer größten Anzahl in lebendem Zustande und mit Eiern aufgefunden werden, Asplanchna auch mit Embryonen; gleichfalls kommen häufig treibende Rotatorieneier vor, doch ist dieser Schluß nur zu ziehen beim rezenten Material und nicht beim fixierten, da in letzterem, namentlich bei Anwendung von Formalin, der Kitt, mit dem die Eier am Körper des Muttertieres befestigt sind, gelöst wird, und man im konservierten Material bei gewissen Arten, wie Polyarthra und anderen, die Eier ausschließlich einzeln im Materiale findet. Bei der Ausschwemmung aus den Rheinhäfen, Buchten und Altrheinen spielt natürlich das Hochwasser eine wesentliche Rolle, deshalb werden die Rotatorien im schnellsteigenden und durch Regenwasser verdünnten Rhein auch nicht seltener gefunden als am ersten Tage der Untersuchung. Es kommen hierbei hauptsächlich die Gattungen Anuraea, besonders cochlearis mit den verschiedenen Varietäten, Asplanchna priodonta (selten im Rhein ist brigtwelli), Polyarthra, Triarthra longiseta, Notholca longispina u. a. in Betracht. Alle diese Arten treten häufig in verhältnismäßig reinem Wasser der größeren Binnenseen auf, vermehren sich aber auch in schwach verunreinigten Gewässern; in diesen sind sehr viel reichlicher vorhanden die Brachionen[2]), mit den Arten pala-amphiceros, angularis, urceolaris, bakeri, rubens, militaris u. a., gleichfalls die Notholcaarten, ebenso verträgt die obengenannte Triarthra sogar stark verschmutztes Wasser. Andere mehr im Detritus (Besatz, Schlamm usw.) lebende Rädertiere, wie Rotifer vulgaris und Actinurus neptunius sind in ihrem häufigen Vorkommen noch mehr als Leitorganismen für verschmutztes Wasser zu bezeichnen, sowohl im Besatz unterhalb solcher Ausflüsse, als auch von hier abgeschwemmt im Plankton; beispielsweise kommt Rotifer im Plankton im ganzen rechten Rheinufer schon von Weisenau ab vor (unterhalb der Zellulose- und Pappenfabriken) und weiter unterhalb des Main- und Salzbachzuflusses bis nach Winkel, hier auch noch Actinurus. Gleichfalls zeigen die Brachionen, namentlich Brachionus pala auf der Strecke vom Zufluß des Mains ab ein viel häufigeres Vorkommen als auf der linken Seite, während sie in der Mitte fast fehlen. Hat es die eine oder andere Rotatorienart in stillen Buchten zur Massenentwicklung gebracht, so sind ihre Vertreter auch unterhalb dieser Buchten in viel größerer Anzahl auf-

---

[1]) Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna von Kolkwitz und Marsson. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw. Heft 1. 1902.

[2]) Marsson, Die Abwasserflora und -Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. l. c. Heft 4. 1904. S. 158.

zufinden, als auf den anderen Stromstrecken, so beispielsweise Asplanchna auf der linken Stromseite noch bis zum Winkeler Profil; sie wird sowohl aus dem Oppenheimer Hafen als auch aus dem Mainzer Hafen zugeschwemmt. Ein ähnliches Vorkommen zeigt Triarthra longiseta.

Ähnlich wie Rotifer verhalten sich auch die Nematoden. Ihre Vertreter werden im Plankton ausschließlich auf der rechten Seite der vier untersuchten Flußquerschnitte gefunden, besonders zahlreich unterhalb des äußerst stark verschmutzten Salzbaches. Diese Fadenwürmer kommen dann gleichzeitig im Besatz des Ufers vor; auf der ganzen linken Strecke finden sie sich ausschließlich im Besatz der Mainzer Siele.

Bemerkenswert im Plankton ist ferner, wie schon im ersten Rheingutachten erwähnt, auf der rechten Rheinseite vom Mainzufluß an das fast ausschließliche Vorkommen von den beiden Diatomaceenarten Stephanodiscus hantzschi und Nitzschia acicularis. Die beiden Arten Melosira varians und Diatoma vulgare sind nur zufällige Bestandteile des Planktons, mehr dagegen im Besatze von Uferpfählen, Ufersteinen usw. zu finden, sie drücken hier besonders stattgehabte Verunreinigungen aus, vegetieren demgemäß auch viel häufiger im Flusse unterhalb solcher Stellen, wo Abläufe mit organischen Abfällen wie von bewohnten Stätten u. dergl. statthaben. Deshalb werden sie nicht bloß sehr zahlreich unterhalb der Mainzer Siele, sondern auch auf der weiterfolgenden Strecke des linken Ufers gefunden, wie bei Budenheim und Freiweinheim. Diese beiden Diatomaceenarten, namentlich die genannte Melosira, zeigen nach zahlreichen Beobachtungen des Berichterstatters an verschiedenen Flüssen Norddeutschlands mehr dauernde Verunreinigungen an, als die saproben Vertreter des schnell weiter strömenden Planktons. Versiegt aber die Nahrungsquelle, also organische stickstoffhaltige Substanz aus Abwässern, so wird ihre Vermehrung sistiert, ihre zu Fäden bezw. Ketten aneinandergereihten Zellen lösen sich vom Substrate los, werden mit der Strömung weitergeschwemmt und bilden dann einen Bestandteil des Planktons; in diesem liefern sie den Beweis, daß oberhalb Verunreinigungen, je nach ihrer Menge starke oder geringe, stattgefunden haben. Die dünnfädigen Melosiren sowie die schlanken Diatomaarten sind dagegen Bestandteile der limnetischen Mikroflora.

Saprobe Protozoen werden bei der starken Wasserführung des Rheins und der schon wärmeren Jahreszeit im Plankton naturgemäß selten gefunden, so einzeln im Schiersteiner Profil Stentor coeruleus und einzelne Vorticellen. Im Uferbesatz kommen dagegen Kolonien der mesosaproben Vorticella campanula vor in Gemeinschaft mit Melosira varians und Diatoma vulgare.

Das Resultat der biologischen Untersuchung der Rheinstrecke von Waisenau bis Winkel bezw. Rüdesheim ist demnach folgendes:

Die von oberhalb her kommenden Verunreinigungen mit gelöster organischer Substanz drücken sich in dem Vorkommen von treibenden Fadenpilzflocken (Sphaerotilus natans) aus; je höher das Wasser steigt, und je mehr die Temperatur des Wassers zunimmt, desto mehr verschwinden die Pilze. Die Verunreinigung durch den Main besteht hauptsächlich aus suspendierten und gelösten Farbstoffen, teils auch aus Umsetzungsprodukten von Abfällen chemischer Fabriken (Schwefeleisen), sowie von Zellulosefasern aus den am Main gelegenen Holzstoffabriken. Farbstoffe werden auch aus

der Kalleschen Fabrik dem Rhein zugeführt zugleich mit stark sauren Abwässern, welche jedoch schnell durch das im Rheinwasser enthaltene Calciumkarbonat gebunden werden. Viel fäulnisfähige und faulende organische Substanz führt der Salzbach mit den Wiesbadener Abwässern dem Rhein zu. Selbst bei dem statthabenden Hochwasser sind die durch solche Stoffe bedingten saproben Organismen auf der rechten Flußseite im Plankton sowie im Uferbesatz noch bis Winkel nachzuweisen. Auf der linken Seite machen sich die Abflüsse von bewohnten Stätten nur auf ganz kurze Strecken unterhalb der Zuflüsse bemerkbar, selbst die der Stadt Mainz.

XII. Rüdesheim-Bingen.

1. Rüdesheimer Hafen, 8 ha groß. Sichttiefe in der Mitte 87.

a) Plankton: Zum größten Teile aus Asplanchna priodonta bestehend (Nahrung: meist Eudorina, auch Synura, weniger Diatomaceen und kleinere Rädertiere), viele enthalten auch Embryonen. Von anderen Rädertieren sind vorhanden: Anuraea cochlearis und aculeata, Polyarthra, Triarthra, Notholca striata, Synchaeta pectinata häufig mit Parasiten (Ascosporidien); ferner Eudorina, Synura, Oscillatoria agardhi, Botryococcus, Scenedesmus quadricauda, auch Cyclops und viele Nauplienformen, noch mehr Bosminen, einzeln auch Larven von Dreissensia polymorpha; Diatomaceen sind selten.

b) Bodengrund: Viel Schlamm, modrig riechend, meist aus „Rheinschlick" bestehend, kein Kies; nach dem Absieben finden sich häufig Muscheln, lebende wie Schalen (Anodonta, Unio und Sphaerium, von Dreissensien meist Schalen), auch Gulnaria auricularia, alte wie junge Individuen, und rote Chironomuslarven.

2. Rüdesheim, Pontonbesatz, lange Strähnen von grünen Fadenalgen 30—50 cm lang mit dazwischen gelagerten roten Eisenhydroxydabscheidungen: Cladophora glomerata mit vielen Acineten, meist Acineta grandis, auch Sphaerotilusflöckchen; von Kieselalgen sind nur wenige vorhanden, meist Diatoma vulgare, ferner Tubificiden und Larven von Chironomiden.

In $^1/_2$ m Tiefe derselbe Befund, jedoch viel mehr Vertreter der gröberen Fauna, namentlich viele große Chironomuslarven, auch einige von Ephemeriden, ferner Stöcke von Spongillen, Die Cladophorabüschel enthalten hier mehr Sphaerotilus wie in den oberen Teilen; Kieselalgen sind häufiger, besonders die Ketten von Diatoma vulgare; Melosira varians, Nitzschia acicularis, Navicula cryptocephala, Rhoicosphonia und Acineten finden sich gleichfalls.

3. Bingen (anhaltender Regen, B. P. 2,13, Rhein weiter steigend), Pontonbesatz: Ähnlicher Befund wie in Rüdesheim, hier jedoch mehr Synedra ulna und Encyonema prostratum, ferner Epistylis umbellaria.

In Tiefe von $^1/_2$ m: Derselbe Befund, doch viel mehr Detritus verschiedener Art, einzeln auch Nematoden (keine Nitzschia acicularis).

XIII. Nahe. Sichttiefe 24.

a) Plankton unterhalb der Eisenbahnbrücke.

b) Plankton oberhalb, am Floßsteg mehr im Stauwasser.

Die beiden an verschiedenen Stellen des Naheflusses entnommenen Proben weisen in ihrer Zusammensetzung keinen wesentlichen Unterschied auf; vorwiegend ist organi-

scher (vegetabilischer, animalischer und undefinierbar) Detritus, der mit Salzsäure übergossen nicht aufbraust, auch keinen Schwefelwasserstoff entwickelt. Wenig Sphaerotilus, meist als Cladothrix dichotoma, viel Textilfasern besonders von Wolle, auch Stärke in Zersetzung, Insektenlarven mit Achlya-Besatz, Hüllen von Cyclops und Insekten; auch abgestorbene Kieselalgen sind häufig besonders Synedra ulna, Meridion circulare, Nitzschia sigmoidea und linearis, Pleurosigma attenuatum, Ceratoneis arcus, Cymbellen, Epithemien usw. auch zersetzte Ulothrix und Cladophora. Von lebenden Algen wenig Stigeoclonium, einzeln Volvox minor, Closterium acerosum, Staurastrum muticum, Pediastrum boryanum, Synura uvella und Oscillatoria limosa; von lebenden Kieselalgen: am häufigsten Synedra ulna, ferner Melosira varians und Diatoma vulgare in Ketten nicht selten, Nitzschia sigmoidea und palea, Fragilaria capucina, Navicula radiosa, Surirella splendida und biseriata, Cymatopleura elliptica, einzeln auch Melosira arenaria; von Protozoen: Arcellen und Difflugien, Cyphoderia margaritacea, ferner einzeln Aspidisca lynceus, Carchesium lachmanni und Vorticellen; von Rotatorien am meisten Euchlanis und Anuraea cochlearis, einzeln Lepadella ovalis und Diglena sp., ferner ein Glochidium, nicht selten Eier von Chironomiden, auch junge Larven, Nematoden, Cyclops und Nauplien.

Der Nahefluß zeigt noch an der Mündung eine mäßige Verunreinigung; da auch viel abgestorbene Organismen vorhanden sind, ist es möglich, daß weiter oberhalb schädliche Abwässer sie vernichtet haben.

Sonnabend, den 19. Mai 1906.

XIV. Profil Assmannshausen.

Morgens 7½ Uhr Temperatur der Luft 9,4°, des Wassers 14,1°, stark bewölkt, dann Regen.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 47.

a) Plankton: Viel organischer Detritus, wie in der Nahe, gleichfalls viel Textilfasern, Insektenhäute, Stärke usw.; auch viel mineralischer Detritus mit feinem tonigen, wie oberhalb im Rhein konstatiert. Cladothrix dichotoma und Sphaerotilus natans kommen vor, gleichfalls Oscillatorienbruchstücke, zersetzte Cladophora, Ulothrix und Closterien. Im typischen Rheinplankton sind die Dinobryen und Ceratien selten (durch die Verdünnung des Nahewassers), sonst noch Botryococcus, Cryptomonas ovata, Fragilaria capucina, Synedra ulna, Cymatopleura elliptica, Surirella splendida und biseriata, Melosira varians, Arcellen, Difflugien und einzeln Cyphoderia; von Rotatorien: neben einzelnen typischen Rheinrotatorien Euchlanis triquetra, Dinocharis tetractis und Synchaeteneier mit Borsten, ferner Cyclops, Nauplien, Bosminen, Chydorus und junge Larven von Chironomiden.

b) Flußboden: Cladophorabüschel und ein kleiner Rasen von Batrachospermum moniliforme, beide mit Sphaerotilus.

c) Flußboden in der Buhnennähe: Getreidekörner mit Saprolegnien, große Larven von Hydropsyche; einige Steine enthalten Belag von Oscillatoria chalybea und von Symploca muscorum, dazwischen viel Melosira varians und Diatoma vulgare, einzeln auch Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna, Coscinodiscusschale und Nematoden. Auf

und zwischen anderen Steinen finden sich pflanzliche Abfälle mit Sphaerotilusflocken, Larven von Hydropsyche, Ephemeriden und Chironomiden, im Detritus größere Kolonien von Vorticella campanula und die genannten Diatomaceen, gleichfalls Röhren von Encyonema prostratum sowie einzelne Spirogyra- und Ulothrixfäden. Schlammanhäufungen konnten bei dem stark strömenden Wasser nicht gefunden werden.

B. Strommitte. Sichttiefe 49.

a) Plankton: Mehr mineralischer Detritus wie auf der mit Nahewasser vermischten Seite auch mehr typische Rheinplanktonten, hier noch mehr Bruchstücke von Oscillatorien, auch solche von Oscillatoria limosa, Fragmente von Chantransia chalybea, Cryptomonas erosa; Rotatorien nicht sehr zahlreich, doch sind einzeln die meisten der oberhalb gefundenen Arten vertreten, im Detritus finden sich auch Rotifer und Actinurus; ferner junge Larven von Chironomiden, sowie auch Eier in fortschreitender Entwickelung; Cyclops und Nauplien wie immer, erstere mehr einzeln.

b) Flußboden: Nichts bei mehreren Zügen mit der Schlamm- sowie mit der Steindretsche.

C. Rechte Flußseite, noch deutlich rotbraun durch Mainwasser. Sichttiefe 46.

a) Plankton: Sehr viel mehr Rotatorien besonders Brachionus pala und Asplanchna priodonta (letztere in solchen Mengen wohl aus dem mit diesem Rädertier angereicherten Rüdesheimer Hafen stammend), auch Euchlanis ist nicht selten, mehr einzeln Brachionus rhenanus und bakeri, Notholca longispina und labis, sowie Rotifer und Actinurus; Pediastren und Scenedesmen mehrfach, Kruster wie oberhalb, gleichfalls auf der rechten Seite häufig Nematoden; Zellulosefasern finden sich nicht häufig. Von Diatomaceen sind neben den für die Jahreszeit typischen Rheinarten zu erwähnen: Nitzschia acicularis, Stephanodiscus hantzschi, Encyonema ventricosum, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea, Diatoma vulgare und Melosira varians. Zu bemerken ist ferner, daß sich hier neben Sphaerotilusflöckchen auch noch Zoogloeen fanden, sowie schon abgeblaßte (ausgelaugte) nur noch schwach gelbliche Muskelfaserreste.

b) Flußboden: Nichts.

c) Uferbesatz: Cladophorabüschel und das fruktifizierende Moos Amblystegium riparium var. inundatum, dazwischen Ephemeridenlarven.

Der Unterschied auf den beiden Flußseiten macht sich deutlich bemerkbar; auf der linken Seite Verdünnung durch Nahewasser, d. h. Zurücktreten der typischen Rheinplanktonten gegen reichlichen Nahedetritus, viele Naherhizopoden und Cladothrix, auf der rechten Seite die hier oberhalb gleichfalls konstatierte Verunreinigung, auch noch Zoogloeen und sogar noch Nahrungsschlacken aus den Wiesbadener Abwässern. Das Mainwasser macht sich noch immer auf der rechten Seite durch eine braunrote Färbung kenntlich.

XV. Wispermündung und Umgebung.

1. Die Wisper führt ziemlich klares Wasser, sodaß die Sichttiefe im seichten Bachbett nicht zu bestimmen ist. Unterhalb der Mündung wird das Wisperwasser vom Rheinstrom an das flache Ufer gedrängt, sodaß es bis auf $^1/_2$ km sich durch

seine klare Beschaffenheit von Rheinwasser unterscheidet. Von 600 m ab erfolgt eine mehr gleichmäßige Mischung.

Reaktion: neutral, auch nach einer Viertelstunde. Plankton: Sehr viel organischer Detritus mit Textilfasern, Holzabfall, Pinuspollen usw. Sphaerotilus ist in geringer Menge vorhanden, auch in dichotomer Form, Rotatorien scheinen ganz zu fehlen; von Protozoen: Stentor roeseli einzeln, sonst noch Nematoden, junge Oligochaeten, Eier von Chironomiden; Krustazeen sind nicht aufzufinden, nur Häute von Cyclops. Von Algen: Fragmente von Chantransia, Closterium parvulum, viele in Zersetzung begriffene Fäden von Ulothrix zonata, von Kieselalgen am häufigsten Navicula cryptocephala und radiosa, ferner Synedra ulna, Nitzschia palea, acicularis und linearis, Fragilaria virescens, Cocconeis, wenig Melosira varians, Schalen von Meridion circulare, Gomphonemen usw.

2. Rhein, Flußboden unterhalb Lorcher Werth. Im Inselstau viel feiner Sand, in vier Zügen, nach dem Absieben gröberer Kies, alte Dreissensiaschalen und kleine Sphaeriumschalen, keine lebenden Mollusken; im engen Stau findet sich schwärzlicher Sand, schwach stinkend, mit Säure übergossen reichlich Schwefelwasserstoff entwickelnd, die überstehende Flüssigkeit hat eine gelbe Farbe (Eisen); hier ist der Sand gleichfalls azoisch. Etwas weiter am rechten Inselufer noch im Stau kleine Bestände von Sagittaria (nur Primärblätter) und Potamogeton pectinatus, auch Stöcke von Spongillen und große Larven von Chironomus plumosus.

3. Rechte Rheinseite, mehr der Wispermündung zu, Flußboden: viele Steine,

a) dieselben auf allen Seiten mit rotem Belag von Hildenbrandia rivularis,

b) mit vielen Röhren von Chironomidenlarven, auch einzelne von Hydropsyche, einige Gehäuse von Leptocerus, Gammuras pulex und Büschel von Cladophora glomerata,

Mikroskopischer Befund: Tubificiden, lange Röhren mit Eiern von Dipteren, einzelne Fäden von Ulothrix zonata; an einigen Stellen wieder Hildenbrandia.

c) mit Cladophorarasen, dazwischen auch etwas Sphaerotilus und viel Navicula cryptocephala,

d) derselbe Befund, auch viel Zellulosefasern, einzeln Hildenbrandia,

e) große Hydropsychelarven, Nephelis vulgaris, Gammarus pulex und Leptoceruslarven häufig, Hildenbrandia rivularis,

f) viel Cladophora mit obigen Befunden,

g) gleichfalls mit vielen Leptoceruslarven,

h) größeres Schlackenstück mit viel Hydropsychelarven,

i) Cladophorarasen mit größeren Sphaerotilusflocken und vielen Tubificiden.

Die Stauflächen unterhalb der Inseln scheinen günstig zu sein für Ablagerungen der schweren Schwebestoffe, wie von groben mineralischen Bestandteilen, Sand und dergl. aber auch von Schwefelmetallen, wie die Anwesenheit von Schwefeleisen auf der Ostseite des stromabwärts gelegenen Teiles des Lorcher Werths bezeichnet.

Die Wisper zeigt eine schwache Verunreinigung, welche sich durch die mikroskopische Untersuchung des Planktons feststellen läßt; es kommen aber nur oligosaprobe Organismen in Betracht, wie Stentor roeseli, Nematoden, Oligochaeten und Sphaerotilus

in ihrem einzelnen Vorkommen, viele Navicula cryptocephala, Nitzschia acicularis, Navicula radiosa u. a., sowie viel organischer Detritus.

XVI. Rheinstrecke und Inselstau unterhalb Bacharach.

1. Im Stau unterhalb der Insel. Flußboden: Fast alle Steine sind hier auf der Oberseite mit Cladophorafäden besetzt, zwischen welchen reichlich Larven von Hydropsyche, kleine von Chironomiden und große von Chironomus plumosus vorhanden sind, ferner Tubificiden, Nephelis und Gammarus pulex, an einzelnen Stellen findet sich stinkender Schlamm mit Laubabfall, hierin viele große rote Larven von Chironomus plumosus.

2. Bucht am Bacharacher Ufer. Flußboden: Viele Steine, fast alle mit rotem Belag von Hildenbrandia rivularis; hier sind Larven von Hydropsyche sehr häufig, ebenso Gammarus pulex; andere Steine enthalten wieder größere Cladophorabüschel mit einzelnen Sphaerotilusflocken, auch Cladophora in Zersetzung, schon farblos, mit Gomphonemen und Cocconeis, ferner Diatoma vulgare, Melosira varians, Synedra ulna, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea, Encyonema ventricosum usw. Einzelne Cladophorafäden befinden sich in Sporulation; andere Steine geben denselben Befund wie auch noch Nematoden.

3. Cauber Werth. Flußboden im Inselstau: Hier findet sich viel angetriebener Sand, der an einzelnen Stellen von schwärzlicher Farbe ist und mit Säure übergossen viel Schwefelwasserstoff entwickelt, auch zwischen den Weiden ist der schwarze Schwefeleisenhaltige Sand häufig. Mit Algenflocken (Cladophora mit viel anhängenden Zellulosefasern) wird eine Libellulalarve erbeutet.

XVII. Profil St. Goar-St. Goarshausen.

Temperatur $4^1/_2$ Uhr: Luft 11,2°, Wasser 14,4°.

A. Linke Flußseite, St. Goar. Sichttiefe 55.

a) Plankton: Viel Tabellaria fenestrata in Sternen sowie in Kettenform, Sphaerotilus in kleinen Flöckchen, Oscillatoria limosa nicht selten, gleichfalls Oscillatoria agardhi; die Dinobryen finden sich vereinzelt, sonst noch Cryptomonas, auch noch große und zellenreiche Coenobien von Scenedesmus quadricauda, Pediastrum boryanum var., granulatum und genuinum. Rotatorien werden jetzt seltener, die nicht zum typischen Rheinplankton gehörenden Arten wie Notholca acuminata, striata und labis (aus dem Main stammend) treiben abgestorben, auch Hydatina senta, sowie Brachionus angularis, Brachionus pala ist lebend häufig, viele Eier (meist 5—6) tragend, Rotifer auch hier, ferner viele Diptereneier, Nauplien, Bosminen einzeln und Nematoden.

b) Flußboden: Fontinalis und Cladophoraflocken, auch schleimige Flocken, häufig Gammarus pulex, junge Perlalarven und Nephelis vulgaris. Mikroskopisch: Sphaerotilus, dazwischen Nematoden, Rotifer vulgaris usw. auch Spirogyrafäden.

c) Uferbesatz in der Spritzzone: Cladophora in $^1/_4$ m langen Strähnen, dazwischen Fontinalis mit vielen jungen Perlalarven. In $^1/_3$ m Tiefe ist die Cladophora mit vielen Diatomeen besetzt besonders mit Diatoma vulgare, auch Nitzschia linearis ist häufig und andere potamophile Arten wie Cymbella lanceolatum usw., sowie

Röhren von Encyonema prostratum, dazwischen Nematoden und auffallend viel Aelosoma quaternarium, welcher Wurm sonst mehr einzeln gefunden wird.

B. Mitte: Sichttiefe 56.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit reichlich Oscillatoria agardhi, auch Oscillatoria limosa in Bruchstücken ist wieder häufig, Sphaerotilus einzeln, die Dinobryen verringern sich auch in der Strommitte, Ceratium hirundinella in ziemlich gleicher Menge, aber immer einzeln; Tabellaria, Asterionella 4- und 8strahlig; die dünnfädigen Melosiren und die schlanken Synedren bleiben dagegen sehr zahlreich, ebenso Fragilaria crotonensis, zu wecher sich mehr Fragilaria capucina (Länge der Frustel 80 m) gesellt. Die nicht typischen Diatomaceenarten, wie Encyonema ventricosum, var. minuta, Nitzschia palea und besonders acicularis, Navicula cryptocephala und radiosa, Melosira varians, sowie einzelne Surirellen finden sich dagegen jetzt in fast allen Planktonfängen, rechts, links und in der Mitte, Ceratoneis arcus gleichfalls. Von Protozoen wird bei dem steigenden Wasser Arcella häufiger, auch Difflugien, selbst in der Mitte kommt nicht selten Stentor coeruleus vor. Von Rotatorien nimmt Asplanchna an Zahl ab, auch die Synchaeten, wenngleich die mit Borsten versehenen Eier der Synchaeta pectinata immer häufiger werden, aber freischwebend; angeklebt an Melosiren, wie in ruhigeren Wässern häufig, können sie im Rhein nicht aufgefunden werden. Brachionus pala ist nicht mehr so häufig, wie oberhalb, wird aber noch mit vielen angehefteten Eiern gefunden; Rotatorien-Eier sind überhaupt zahlreich im Plankton, Notholca longispina kommt etwas häufiger vor, auch Euchlanis triquetra, Rotifer vulgaris und besonders Actinurus neptunius, beide Verunreinigungen liebend, sind von unterhalb Assmannshausen an nicht selten; von typischen Rheinrotatorien kommen selten abgestorbene zur Beobachtung; Nauplien sind stets in gleicher Anzahl, viel mehr als Cyclops, Bosminen etwas weniger, Nematoden finden sich jetzt stets im Plankton, ferner lebende und abgestorbene Fäden von Stigeoclonium, Spyrogyren usw., die wohl durch das Hochwasser von dem Uferbesatz und aus den Buchten abgeschwemmt sind, wie auch Oscillatoria limosa usw.

b) Flußboden: Cladophorabüschel teils von dunkelgrüner Farbe, teils von hellgrüner (mit dünnwandigen Zellen), dazwischen Hydropsychelarven auch solche von Perliden und Ephemeriden, sowie Gammarus pulex, Nephelis vulgaris und junge Exemplare von Sphaerium corneum. Sand und Steine werden mit der Dretsche nicht gehoben.

C. Rechte Flußseite, St. Goarshausen. Sichttiefe 48.

Hier ist von einer roten oder braunen Färbung des Rheinwassers nichts mehr zu bemerken; dasselbe hat eine graugrünliche Färbung (grau vom vielen mineralischen Detritus, grünlich wohl Reflex von den bewachsenen Höhen), die Sichttiefe ist hier freilich geringer, als in der Mitte und auf der linken Seite.

a) Plankton: Wie in der Strommitte, jedoch ist hier Euchlanis viel häufiger, Asplanchna nimmt dagegen ab, Rotifer und Actinurus und Oscillatoria tenuis und limosa in Bruchstücken nicht selten. Sphaerotilus hier mehr in dichotomer Form, auch einzelne Stärkeballen; Zellulosefasern treten auf der rechten Flußseite wieder häufiger auf, von Algen besonders Scenedesmen, einzeln Gonium pectorale, Sphaerotilus,

Chantransia meist abgestorben; Dipterеneier treiben jetzt noch häufiger im Rhein; in das Planktonnetz war auch ein junges Weißfischchen geraten.

b) Flußboden: Befund wie in der Mitte, Larven und Hydropsyche, viel Gammarus, Nephelis sowie helle und dunkelgrüne Cladophorabüschel, letztere hier jedoch mit Sphaerotilus durchsetzt, auch mit Zellulosefasern, seltener Textilfasern. Die helleren Flocken enthalten viel Fettröpfchen. Mikroskopisch: In den Cladophora-Rasen viel Acineta grandis, Ulothrix zonata und subtilis mit vielen Schwärmern, Philodina roseola nicht selten, einzelne Tubificiden und Nematoden, ferner vereinzelt Macrobiotus; von Diatomaceen besonders Ketten von Diatoma vulgare, Synedra ulna und den anderen oben genannten Arten.

c) Pontonbesatz in der Spritzzone: 23 cm lange Cladophorasträhnen mit Ablagerungen von Eisenoxydhydrat, dazwischen viele Chironomiden-Larven, auch solche von Hydropsyche, Perla, sowie von Ephemeriden, Gammarus pulex einzeln. $^1/_4$ m tief findet sich viel mehr Detritus und in Zersetzung begriffene Chantransia, dazwischen viele Tubificiden und Diatomaceen.

Im Flußquerschnitt St. Goar-St. Goarshausen haben sich viele der noch bei Aßmannshausen auf beiden Seiten getrennten Organismenarten auf die Mitte, sowie auf beide Seiten verteilt. Die saproben Protozoen und Rotatorien, welche bisher strenge die rechte Rheinseite charakterisierten, sind durch die starke Wasserführung des Rheins auch in die Mitte gelangt, etwas weniger auf die linke Seite. Die nicht für den Rhein typischen Arten (die Main-Notholcaarten, Brachionus angularis u. a.) scheinen abzusterben.

Über den Wechsel der im Plankton, im Uferbesatz und auf dem Flußgrunde vorkommenden saproben Organismen kann erst nach Beendigung der Rheinuntersuchung bei verschiedenen Wasserständen und Jahreszeiten ein Urteil gefällt werden.

XVIII. Lahn.

21. Mai mittags 12 Uhr. Temperatur: Luft 15,2°, Wasser 11,9°. Reaktion: neutral. Sichttiefe im Strom 23, in der Schleusenbucht 38.

a) Plankton: Das Sediment entwickelt mit Säuren keinen Schwefelwasserstoff.

Viel brauner, meist organischer Detritus mit Textil- und Zellulosefasern, Moosfragmenten, Alonapanzern, Resten von Insektenlarven und Insektenhäuten usw., auch gelben Muskelfasern. Cladothrix wenig, gleichfalls Chantransia-, Oscillatoria- und Cladophorafragmente, auch Ulothrix zonata, Closterium acerosum, leibleini und lunula und Cryptomonas ovata. Von Diatomaceen vorwiegend Melosira varians, ferner einzeln Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna, auch abgestorbene nicht selten, Cymatopleura solea, Fragilaria capucina und Surirella splendida; von Protozoen: Arcella, Difflugia pyriformis und Vorticella convallaria; von Rotatorien vorwiegend Euchlanis triquetra, einzeln noch Dinocharis pocillum und Diglena catellina; Nauplien, Eier von Chironomiden, Nematoden und einzelne kleine Oligochaeten.

b) Flußboden in der Schleusenbucht: Schwärzlicher Schlamm, nicht stark stinkend, mit Säure geringe Schwefelwasserstoffreaktion; gesiebt: Pflanzlicher Abfall, Schalen von Sphaerium und Bythinia, abiotisch. Flußboden in der Strommitte: Größere Steine ohne Besatz.

Die Lahn zeigt eine nur geringe Verunreinigung. Nach dem reichlichen Vorkommen der Melosira varians zu urteilen, scheint weiter oberhalb eine stärkere Verschmutzung stattgefunden zu haben, nach den Zellulosefasern vielleicht aus Zellulosefabriken.

XIX. Stiller Rheinarm bei Oberwerth.

Seit der letzten Untersuchung (Oktober) ist hier nicht mehr gebaggert worden; die Schleuse oberhalb steht noch offen, doch findet ein nur geringer Durchstrom statt; die Sichttiefe 150 m oberhalb der nördlichen Inselspitze beträgt 99 cm.

a) Plankton an dieser Stelle: Wenig organischer Detritus, der mineralische fehlt fast ganz.

Am häufigsten sind Eudorina elegans, Oscillatoria agardhi und Uroglena volvox, Ceratium hirundinella ist nicht selten, mehr einzeln Synura uvella und Dinobryon, auch Pandorina, sowie Scenedesmus quadricauda; dagegen sind recht häufig die Kieselalgen, besonders Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis und Synedra delicatissima, etwas weniger Melosira tenuis und ambigua, Tabellaria fenestrata, Cyclotella comta und meneghiniana, wenig Melosira varians, Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna, Ceratoneis arcus usw. Von Protozoen: Tintinnidium fluviatile, Stentor igneus und roeseli; von Rotatorien: Polyarthra platyptera und Anuraeen häufig, auch Anuraea aculeata sowie Brachionus pala, alle häufig mit Eiern, ferner Notholca longispina, Euchlanis, Gastropus stylifer, Asplanchna priodonta, Triarthra longiseta und Conochilus unicornis; von Krustazeen: häufig große Bosminen, auch Cyclops und Nauplien.

b) Erster Dretschezug nahe der Landseite: Schwarzer Schlick, schwach stinkend, mit Säuren Schwefelwasserstoffreaktion, gesiebt: Fontinalisfragmente und anderer pflanzlicher Abfall, Diatomeen meist abgestorben, namentlich Synedra ulna var. splendens, lebend Nitzschia sigmoidea, wenig Sphaerotilus, meist in dichotomer Form, einzeln Beggiatoa-Fäden.

Etwas oberhalb: Bestände von Potamogeton perfoliatus ohne besonderen Besatz.

Zweiter Dretschezug 80 m oberhalb der Inselspitze, mehr der Insel zu: Anodonten, ausgewachsene und junge, letztere häufig, Unio batavus einzeln, Sphaerium rivicolum, Dreissensia polymorpha, Valvata piscinalis, Bythinia tentaculata, beide einzeln, Lithoglyphus naticoides häufig, die meisten Exemplare dieser sonst nicht häufigen Wasserschnecke mit Laich belegt von der eigenen Art, Lithoglyphuslaich befindet sich auch auf einzelnen Dreissensien, welche wieder auf Anodonten haften. Gammarus pulex nicht selten, große Larven von Chironomus plumosus und anderen Chironomiden, sonst noch pflanzlicher Abfall, wie modernde Blätter, auch Schlick.

Dritter Dretschezug 50 m weiter oberhalb: Steine mit vielen Dreissensiaklumpen, die meisten der gehobenen Steine sind auf der Oberfläche damit besetzt; sonst nur wenig andere Mollusken, da der Schlamm sich stärker schwefeleisenhaltig erweist; es zeigen auch einzelne Steine schwarzen Belag von Schwefeleisen.

Vierter Dretschezug in der Nähe des Gitters (Sichttiefe = 96 cm) ungefähr 2 km unterhalb der Schleuse: Gleichfalls schwefeleisenhaltiger Schlick mit pflanzlichem

Abfall und nur wenigen Individuen von Lithoglyphus und kleinen Planorben; im Schlamm leben Nematoden, auch wenig Nitzschia linearis.

c) Plankton in der Nähe des Gitters: Dieselben Organismen wie unterhalb, jedoch mehr Stentor igneus und roeseli, einzeln auch Stentor polymorphus, von Rotatorien noch einzeln Rotifer vulgaris und Actinurus, Brachionus angularis und Synchaeta grandis, Asplanchna mehr einzeln, von Algen noch Chroococcus limneticus, Closterium acerosum, Pediastrum boryanum und Scenedesmus obliquus; von Diatomaceen Stephanodiscus hantzschi und Fragilaria capucina; auch Chironomiden-Larven und Eier sind nicht selten; bemerkenswert ist noch das Vorkommen von Jugendformen, Cercarien, Bucephalusstadium von Gasterostomen, die im erwachsenen Zustande im Darm von Fischen schmarotzen.

Sichttiefe an der Inselspitze im Rheinwasser 53 cm.

Dieser im Stau befindliche Rheinarm ist stark mit Schwebewesen angereichert, besonders mit pflanzlichen. Trotzdem der Grund mit teilweise schwefelwasserstoffhaltigem Schlamm bedeckt ist — es findet sich viel Schwefeleisen und der Schwefelpilz Beggiatoa — hat es hier auch die Molluskenfauna, Muscheln wie Schnecken, zu einer sehr reichen Entwicklung gebracht.

XX. Rhein bei Coblenz.

Montag, den 21. Mai. Morgens 8 Uhr: Temperatur der Luft 12,3°, des Wassers 13,2°, bewölkt. Coblenzer Pegel 2,82.

1. Landungsponton, Besatz: Algenflocken von 49—50 cm Länge.

Cladophora glomerata mit vielen Ketten von Diatoma vulgare, auch Röhren von Encyonema prostratum, ferner nicht selten Pleurosigma attenuatum, Melosira varians, Rhoicosphenia curvata usw., dazwischen Vorticellen und wenige Kolonien von Carchesium lachmanni, ebenso Sphaerotilusflöckchen. Besatz in $^1/_4$ m Tiefe: Derselbe Befund, nur ältere Äste von Cladophora und mit reicherem Besatz von Diatomaceen (viel Gomphonemen, wie olivaceum, angustatum u. a.) auch mit Leptothrix, ferner noch Chantransia-Rasen mit einzelnen Tubificiden, Chironomiden-Larven und Nematoden, auch Polster von Plumatella repens. Eine Perla bicaudata ist eben ausgeschlüpft.

2. Coblenzer Schiffbrücke, untersucht am 22. Mai bei 3,49 Coblenzer Pegel morgens 8 Uhr. Der Rhein steigt weiter und sind die Proben bei der starken Strömung schwer zu entnehmen, zumal das Schiff nicht mehr zur Verfügung steht. Der Befund ist dem vom Landungsponton tags vorher entnommenen ähnlich; die Unterschiede auf beiden Flußseiten haben sich durch das andauernde Hochwasser mehr und mehr verwischt.

XXI. Mosel.

Temperatur am 21. Mai mittags 12 Uhr: Luft 15,3°, Wasser 13,0°. Reaktion des Wassers neutral.

A. Linke Flußseite, unterhalb der Brücke: Sichttiefe 44.

a) Plankton: Sehr viel organischer Detritus mit Textilfasern und anderen Abfällen, auch Pinuspollen häufig. Von Planktonten: Synura uvella, Dinobryon sertularia, Pandorina morum, alle mehr einzeln, ebenso Pediastrum boryanum, Closterium acerosum, Cladophorafragmente, meist abgestorben; Asterionella gracillima meist vierstrahlig nicht

selten, einzeln Melosira crenulata var. tenuis, Melosira varians, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna var. splendens, Stephanodiscus hantzschi, Fragilaria capucina und construens var. venter, Nitzschia linearis, Cymatopleura solea und elliptica, Encyonema prostratum und viele Schalen von Synedra ulna var. splendens, sowie auch einzeln von Pleurosigma attenuatum, Cymbella cymbiforme, Navicula radiosa usw. Von Protozoen: Arcellen, Difflugien und abgestorbene Euglypha; Rotatorien einzeln: Euchlanis, Anuraea cochlearis, Notholca striata und labis, wenig Nauplien, junge Larven von Chironimiden, Nematoden, Spiculae.

Mit Säuren gibt das Planktonsediment weder Reaktion auf Schwefelwasserstoff noch Aufbrausen von Kohlensäure.

b) Flußboden: Steine häufig mit rotem Belag von Hildenbrandia rivularis, dazwischen Unio batavus und Dreissensia polymorpha, Neritina fluviatilis, Schalen von Unio und Paludinen; andere Steine mit reichem Besatz von Chironomiden-Larven und solchen von Hydropsyche, seltener von Perla und Leptocerus, ferner Gammarus pulex.

B. Flußmitte, Sichttiefe 45.

a) Plankton: Kein Unterschied mit dem auf der linken Seite gefischten.

b) Flußboden, viele Steine besetzt mit

1. Cladophora und Detritus, meist organischem,
2. Dreissensia polymorpha,
3. Eikapseln von Neritina und Nepheliskokons,
4. Cladophora mit vielen Nematoden und zusammenhängenden Zellulosefasern (faulendes Papier),
5. Hildenbrandia rivularis, diese Alge findet sich fast auf allen Seiten,
6. Larven von Chironomus und Hydropsyche,
7. wenig Belag von Schwefeleisen.

C. Rechte Flußseite, unterhalb der Coblenzer Siele; Sichttiefe: 49 cm.

Die Regenauslässe sind nicht in Tätigkeit, deshalb wird die Sichttiefe hier etwas größer als auf der linken Seite bei Lützel-Coblenz gefunden.

a) Plankton: Organismen wie auf der linken Seite, jedoch hier nicht selten kleine Monaden, auch noch mehr organischer brauner Detritus mit vielen Häuten von Insektenlarven.

b) Flußboden, untersucht in drei Dretschezügen an den Kanälen entlang:

1. Steine mit Larven von Chironomiden und von Hydropsyche, Nepheliscocons, Gulnarialaich,
2. Schlackenstücke, in den Höhlungen häufig Hydropsyche,
3. Steine mit braunen Flocken: Zellulose- und Textilfasern, mit vielen Nematoden, kein Sphaerotilus,
4. Steine mit wenig Schwefeleisenbesatz, Larven von Hydropsyche und Chironomiden, Gammarus fluviatilis,
5. Steine mit rotem Belag von Hildenbrandia,
6. Steine mit Spongillen in der Entwicklung,
7. Steine mit Cladophora und Nematoden, viel Nitzschia palea, einzeln Pleurosigma attenuatum, auch etwas Mucor.

Eine Verschmutzung der Mosel ist zur Zeit nicht nachzuweisen. Nur einzelne im Plankton gefundene Diatomaceenarten (wie Melosira varians, Stephanodiscus hantzschi, Encyonema prostratum and andere) zeigen eine stattgehabte Verunreinigung an, in ihrem einzelnen Vorkommen aber nur eine geringe. Auch unterhalb der Siele ist keine in Betracht kommende Verschmutzung zur Zeit festzustellen. Die im Oktober häufig gefundene chlornatriumhaltiges Wasser liebende Bacillaria paradoxa wird jetzt nicht aufgefunden, wie es Berichterstatter der Jahreszeit entsprechend auch vermutet hatte (vergl. Oktobergutachten).

XXII. Buchten an der linken Flußseite vor der Mündung.

1. Hellinghafen.

a) Plankton: Im Gegensatz zur Mosel hier nur wenig Detritus, sonst Organismen wie im Moselplankton, jedoch viel mehr Euchlanis, auch mehr Anuraeen, sowie die Varietät tecta, Synchaeta tremula und Dinocharis tetractis; von Algen nicht selten Pandorina, Gonium und Synura, auch Pediastren, Scenedesmen und einzelne Dinobryen, viele Häute von Cyclops, lebende Nauplien vereinzelt, mehr Bosminen sowie deren Häute, auch Spiculae; von Kieselalgen ist Asterionella vier- und achtstrahlig nicht selten, Fragilaria capucina (Frusteln 43 μ), Synedra delicatissima (214 μ).

2. Laichschonrevier[1]). Erstes Becken:

a) An der einen Seite angetriebene grünliche Schwimmschicht: Cladothrix dichotoma, viel Oscillatoria limosa und anguina, seltener tenuis, einzeln splendida, mehr Merismopedium glaucum in einzelnen kleinen Verbänden häufig, Euglena viridis nicht selten, viele Kieselalgen besonders Cymatopleura solea, einzeln auch elliptica, Navicula cryptocephala und rhynchocephala, Nitzschia palea, communis, linearis und sigmoidea, mehr einzeln acicularis, Encyonema ventricosum, Synedra ulna var. splendens, Pleurosigma attenuatum, Melosira varians, Stephanodiscus hantzschi, Cocconeis, Microneis, Amphora; von Protozoen: Monaden; von Rotatorien: Monostyla und Rattulus, Cyclops und Nematoden.

b) Plankton: Hauptsächlich Dinobryon, fast als Dinobryon-Plankton zu bezeichnen, besonders mit der Art Dynobryon cylindricum var. divergens, seltener die anderen Arten, auch Pandorina ist häufig, Eudorina seltener, einzeln Pediastren und Closterium acerosum, sowie Oscillarien- und Spirogyra-Fäden, von Diatomaceen Fragilaria capucina, einzeln virescens, ferner einzeln: Melosira crenulata var. tenuis, Nitzschia palea, Diatoma elongatum var. tenue, Naviculaarten u. a.; Difflugia hydrostatica, Arcella vulgaris, Tintinnidium fluviatile, mehr Codonella lacustris, einzelne Stöcke von Vorticella campanula, von Rotatorien Asplanchna priodonta, Synchaeta pectinata, Anuraea aculeata mit ziemlich langen Dornen, Polyarthra, Triarthra, Brachionen usw.; Bosminen, Cyclops und Nauplien.

---

[1]) Das Laichschonrevier ist eingerichtet, um das Moselbett einzuengen; es verfolgt aber auch den Zweck, Laichplätze für die Fische zu schaffen. Im ganzen sind fünf Becken eingerichtet, die durch tiefliegende Rohre miteinander verbunden sind, so daß bei Niederwasser die Fische sich aus dem oberen in die tiefer gelegenen flüchten können. Die einzelnen Becken sind wieder mit dem Flusse verbunden.

2. **Zweites Becken**, mehr dem Rheine zu.

a) Schwimmschicht: Dieselben Diatomaceenarten, auch noch Navicula cuspidata und radiosa; von Protozoen noch Lionotus fasciola und Lacrimaria, hier mehr Cyclops und Nauplien, auch Canthocamptus, von Ostracoden nur Panzerreste; sonst noch Anabaena oscillarioides, jedoch keine Euglena viridis.

b) Plankton: Kein wesentlicher Unterschied mit dem aus dem ersten Becken.

Auch bei diesen stillen Buchten zeigt sich eine Anreicherung von solchen Lebewesen, welche das Mosel- wie das Rheinwasser enthält und ihnen zuführt; in diesem Falle sind nicht die gleichen Organismen zur stärkeren Entwicklung gekommen, wie in den oberhalb gelegenen Buchten, sondern vorzugsweise gelbe Flagellaten (Dinobryen), es fehlen aber auch die grünen (Pandorina) nicht, ebensowenig sind Protozoen, Rotatorien und Crustaceen selten; außerdem bilden Grundformen gewisser Algengruppen, Oscillatoria-Diatomaceenfilze, durch Assimilationsgase an die Oberfläche gehoben, hier mit ihren zahllosen Vertretern umfassende Schwimmschichten, welche später verteilt und schließlich in den Rhein gespült, als Sauerstoffproduzenten sowie auch für die direkte Aufnahme gelöster organischer Substanz von Wichtigkeit sind. Viele der hier festgestellten Arten finden sich auch im Besatz der an den Pontons und an den Ufersteinen wuchernden Algenrasen und strähnen und vermehren sich hier je nach ihnen zusagenden Lebensbedingungen.

XXIII. Rheinprofil oberhalb Niederwerth.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 44 cm (genau dieselbe wie in der Mosel).

a) Plankton, an der Oberfläche: Sehr viel brauner organischer Detritus, sehr ähnlich dem in der Mosel gefundenen, Sphaerotilus ganz vereinzelt, Eudorina und Pandorina nicht häufig, mehr Pediastren, von Diatomaceen noch Melosira tenuis, Cymatopleura solea und elliptica, Nitzschia sigmoidea und acicularis, Fragilaria capucina und Schalen von Synedra ulna, Nitzschien, Cymbellen, Navicula radiosa u. a., Rotatorien mehr einzeln wie Anuraea chochlearis und Euchlanis, ganz einzeln Polyarthra, Triarthra, Dinocharis, Synchaeta, Brachionus, Rotifer und Notholca acuminata lebend und abgestorben; Nauplien nicht selten, einzeln Cyclops und Bosmina, junge Larven von Chironomiden, Chironomideneier und Larvenhäute. Oligochaeten einzeln, ebenso Nematoden.

Plankton in $1^1/_2$ m Tiefe: Noch mehr brauner organischer Moseldetritus mit Textilfasern und Stärkekörnern, hier mehr Pandorina, Synura uvella, Dynobryen, Asterionella, Arcella und Difflugia pyriformis, noch weniger Rotatorien, von diesen besonders Euchlanis, doch mehr Nematoden, lebende und abgestorbene; auch wieder junge Larven von Chironomiden, Oligochaeten, Moosfragmente und zersetzte Ulothrix-Fäden.

b) Flußboden:

1. Schlacken häufig mit Larven von Hydropsyche,

2. Steine mit vielen jungen Larven von Dipteren und Trichopteren, so auch von Hydroptila, junge Clepsinen, Ancylus fluviatilis und Eikapseln von Neritina.

B. Strommitte. Sichttiefe 52 cm.

a) Plankton: Sehr viel mineralischer Detritus, Sphaerotilus nur in mikroskopisch kleinen Flöckchen, meist zu Fäden verteilt, Oscillatoria agardhi ziemlich häufig, gleichfalls Eudorina, weniger Pandorina, Dinobryon cylindricum var. divergens einzeln, Ceratium hirundinella gleichfalls, dünnfädige Melosiren und schlanke Synedren, namentlich Synedra delicatissima var. meloleia, Tabellaria fenestrata asterionelloides, Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis, Cyclotella comta und meneghiniana, Synedra ulna var. splendens, Stephanodiscus hantschi, Nitzschia acicularis, Melosira varians, Encyonema ventricosum, Ceratoneis arcus, Microneis, Naviculeen usw., von Rotatorien sind Asplanchna priodonta und Brachionus pala am häufigsten, mehr einzeln Anuraea cochlearis mit Varietäten, Brachionus urceolaris und angularis, Polyarthra, Euchlanis, Triarthra sowie Anuraea aculeata (einzelne Individuen mit divergierenden Hinterdornen), einzeln kommt auch hier Rotifer vulgaris vor, ferner Nauplien, Cyclops, Bosminen und Chironomideneier.

Plankton, in $2^1/_2$ m Tiefe entnommen: Dieselben Organismen, doch mehr Detritus mit Arcellen, auch Oscillatoria agardhi ist ziemlich häufig mit Trichomen von $1^1/_4$ mm Länge, viel Bruchstücke von Oscillatoria limosa und auch von Phormidium, Insektenhäute, abgestorbene Euchlanis usw.

b) Flußboden: Steine und wenig Schacke, kein Sand, Fauna wie auf der linken Seite, doch viel weniger reich, auf einzelnen Steinen Cladophorabüschel.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 43 cm.

a) Plankton: Wie in der Strommitte, doch hier noch einzelne Zellulosefasern sowie mehr zersetzte Cladophora- und Ulothrix-Fäden, Synura uvella einzeln, Stentor polymorphus nicht selten, einzeln Vorticella campanula und Chydorus sphaericus.

Das Planktonsediment gibt mit Salzsäure keine Schwefelwasserstoffreaktion, jedoch Gelbfärbung durch Eisen.

b) Flußboden: Steine und Sand; in den Vertiefungen der größeren Steine Larven von Hydropsyche durch Gespinste abgeschlossen, leere Gehäuse von Leptocerus u. a. Larven, Cladophorabüschel, sonst wie in der Flußmitte. Der schwärzliche Belag auf einem Stein gibt mit Säure keine Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

Auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Coblenz-Niederwerth sind mit Ausnahme der Zuflüsse des Mains und des Salzbaches und den von oberhalb zuströmenden Verschmutzungen andere Verunreinigungsquellen von ganz unwesentlicher Wirkung auf den Rhein. Bei dem Hochwasser verwischen sich die Unterschiede in dem Auftreten gewisser Leitorganismen für die Verunreinigung mit fäulnisfähigen und faulenden Stoffen an den verschiedenen Flußstellen natürlicherweise recht sehr, obgleich eine bald hier bald dort stattfindende Zufuhr von geringen Abwassermengen trotz des hohen Wasserstandes stets festzustellen war. Wie die für die endgültige Beurteilung und Bewertung der einzelnen Organismen notwendige Aufzählung derselben beweist, hat sich das mikroskopische Bild des Planktons während der Dauer der Untersuchung nicht wesentlich geändert; die aus dem Main und dem Salzbach zugeführten niederen Pflanzen und Tiere, die sich dort, wo sie wieder zusagende Lebensbedingungen finden, sogar bedeutend vermehren konnten, haben schließlich wieder den für die Jahreszeit typischen Rheinplanktonten Platz gemacht, so daß das Plankton schließlich bei Nieder-

werth in der Strommitte und rechts eine ähnliche Zusammensetzung zeigt, wie bei Weisenau; auf der linken Seite oberhalb Niederwerth wird fast ausschließlich Moselwasser konstatiert.

Die Pilzbildung, welche durch oberhalb der untersuchten Strecke in den Rhein gelangte Abwässer entstanden war, ist unterhalb Coblenz im Rheinwasser ziemlich verschwunden, wie schon bemerkt infolge der steigenden Temperatur des Flußwassers, ferner weniger zum Ausdruck kommend infolge der größeren Verdünnung durch namentlich im Gebiet des Oberrheins niedergegangene Regengüsse. Daß aber auch unzählige Vertreter der niederen Fauna bestrebt sind, die am Grunde und im Uferbesatz noch haftenden Pilzmassen zu vertilgen, ist auf dem ganzen Gebiete fast bei jedem Dretsche- und Pfahlkratzerfange festgestellt worden.

Die große Wichtigkeit der stillen Rheinarme, -Buchten, -Häfen usw. für die Selbstreinigung des Flusses wird von neuem erkannt und soll, den verschiedenen Jahreszeiten entsprechend, bei den noch folgenden Untersuchungen weiter eruiert werden.

Es sei schließlich noch bemerkt, daß bei dem steigenden Hochwasser die Sichttiefe eine geringere wird, da nicht bloß durch die Regengüsse mehr erdige Bestandteile direkt in den Rhein sowie in seine Nebenflüsse geschwemmt werden, sondern auch wohl durch die viel stärkere Strömung (durch das Rollen des Kieses im oberen Laufe des Rheins) sich mehr Detritus vom Rheinkies bildet. Die Sichttiefe ist im Verlauf von zehn Tagen von durchschnittlich 64 cm bei Weisenau bis auf 43 cm bei Niederwerth heruntergegangen. Die Nebenflüsse Nahe und Lahn zeigen eine Sichttiefe von nur 23 cm, Main und Mosel eine höhere.

Der aus dem Main zugeschwemmte viel Schwefeleisen enthaltende organische Detritus ist durch das Hochwasser schneller fortgespült worden; er konnte bei Niederwerth selbst auf der rechten Seite (durch die einfache chemische Reaktion) nicht mehr nachgewiesen werden. Die anderen Nebenflüsse erweisen sich frei von Schwefeleisen.

An den von der starken Strömung nicht berührten Stellen unterhalb der Inseln bei Bacharach und Caub hat sich dagegen viel Sand abgelagert, welcher reichliche Mengen von Schwefelverbindungen enthält.

Bericht über die Ergebnisse der 3. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz vom 9.—22. August 1906.

Von

Professor **Dr. R. Lauterborn.**

Einleitung.

Während die großen Ströme Norddeutschlands zur Zeit der sommerlichen Dürre meist recht wasserarm zu sein pflegen, verhält sich der Rhein, und ganz besonders der Oberrhein, gerade entgegengesetzt. Er hat seinen niedersten Stand im Winter, in den Monaten Januar und Februar, weil um diese Zeit in seinem Quellgebiete, den Hochalpen, die Gewalt des Frostes das flüssige Element in starre Fesseln schlägt. Mit Eintritt der wärmeren Jahreszeit ändert sich jedoch das Bild. In unzähligen Rinnsalen stürzt das Schmelzwasser der Gletscher und Schneefelder zu Tal, füllt Bäche und Flüsse mit trüben Fluten und schwellt die Spiegel der Seen, welche den Nordabfall der Alpen umsäumen. Der Bodensee und weiterhin jene Seen, welche die schnellfließende Aare entwässert, vom Züricher bis zum Neuenburger See — sie alle wirken als gewaltige natürliche Stau- und Klärbecken: sie sammeln und speichern die Zuflüsse, sie klären sie durch Sedimentierung der eingeführten Sinkstoffe und führen ihre Wassermassen langsam dem Rheine zu. So steigt in diesem der mittlere Pegelstand immer mehr, je weiter im Laufe des Sommers das Abschmelzen der Gletscher fortschreitet, bis schließlich im Juni und Juli der Höhepunkt erreicht ist. Mit der schwindenden Wärme gegen den Herbst zu folgt dann wieder ein allmähliches Sinken, das bis gegen den Februar anhält.

Diese Abhängigkeit des Pegelstandes des Oberrheins vom Abschmelzen der Gletscher im Hochgebirge tritt am schärfsten im oberen Laufe des Stromes in Erscheinung, also da, wo derselbe hauptsächlich von alpinen Gewässern gespeist wird. Weiter abwärts, etwa von der Mündung des Neckars und des Maines an, verwischt sich der Einfluß schon mehr, da diese beiden Flüsse im Mittelgebirge entspringen und darum ihre größten Wassermengen gerade im Winter und Frühjahre dem Hauptstrome zuführen, was dessen Pegelstand dann natürlich entsprechend beeinflussen muß.

Sehr anschaulich treten diese Verhältnisse hervor in folgender Tabelle:

Tabelle der mittleren Pegelstände des Oberrheins[1]).

Monat	Basel	Kehl-Straßburg	Maxau	Mannheim	Mainz
Januar	106	254	348	402	142
Februar	104	252	345	391	148
März	124	269	364	418	155
April	163	303	398	437	158
Mai	205	343	438	479	171
Juni	251	385	484	530	201
Juli	244	379	475	521	194
August	225	360	453	494	175
September	192	328	419	456	150
Oktober	160	300	383	420	138
November	135	276	368	403	127
Dezember	122	268	367	412	145

Ich habe die besonderen hydrologischen Verhältnisse des Oberrheins auch an dieser Stelle gestreift, weil sie meines Erachtens kaum ohne Einfluß auf den Verlauf der Selbstreinigung sein dürften. Ganz besonders bei den organischen Abwässern. Halten wir uns vor Augen, daß bei diesen die Fäulnisgefahr in der wärmeren Jahreszeit gegenüber der kälteren um ein ganz bedeutendes erhöht ist, weil der Sauerstoffgehalt des Wassers mit steigender Temperatur sich vermindert, so kann es nur als günstiges, die Selbstreinigung förderndes Moment erachtet werden, wenn um diese Zeit im Oberrhein die Wasserführung und damit auch die Stromgeschwindigkeit derart gesteigert sind, daß die Abwässer stärker verdünnt und rascher stromab verteilt werden als im Winter.

I. Rheinstrecke Basel-Neuenburg.

Ein ziemlich hoher sommerlicher Wasserstand charakterisiert also den Verlauf der dritten biologischen Untersuchung des Oberrheins in den Tagen vom 9. bis 22. August 1906. Wie bei den früheren Fahrten begannen die eigentlichen Untersuchungen erst 3 km unterhalb Basel, auf deutschem Gebiete bei der Rheinbrücke von Hüningen.

Rhein bei Hüningen (9. August 1906).

Pegel: Morgens 9 Uhr: 275 cm. (Am 8. August ebenso.) Temperatur des Wassers: 20,1° C, der Luft 19,6° C.

Das Wasser des Stromes erschien grüngrau, an beiden Ufern getrübt, ganz besonders stark an dem rechten. Hier zog sich von Kleinbasel aus ein dunkler Schmutzstreifen her, welcher bei der Hüninger Brücke eine Breite von etwa 35 m aufwies und in der Intensität der Verschmutzung von $8^1/_2$ Uhr bis gegen 10 Uhr noch beträchtlich zunahm. Auch in der Mitte des Stromes ließ sich eine Veränderung in

[1]) Die Pegelhöhe ist in Zentimetern über dem Nullpunkt angegeben. Die Angaben stammen aus dem Werke: Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse. Herausgegeben vom Zentralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Großherzogtum Baden Berlin 1889.

der Farbe des Wassers konstatieren. Gegen $9^1/_2$ Uhr nahmen hier die vorher grüngrauen Fluten rasch eine sehr lebhaft gelbgrüne Farbe an, die im Verlauf einer halben Stunde allmählich wieder abblaßte. Nach Aussage des Brückenmeisters soll diese Erscheinung fast jeden Morgen zu beobachten sein. Es dürfte sich hier jedenfalls um Abwasser aus Fabriken von Anilinfarben bei Basel handeln.

Wie bei den früheren Untersuchungen ergab das Planktonnetz, an beiden Ufern sowie in der Mitte des Stromes ausgeworfen, überall so ziemlich dieselben Organismen in annähernd gleicher quantitativer und qualitativer Zusammensetzung.

Plankton des Rheins bei Hüningen.

Cyanophyceen:	Oscillatoria rubescens sehr einzeln.
Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig,
	Asterionella gracillima nicht selten,
	Fragilaria crotonensis nicht selten,
	Synedra delicatissima nicht selten,
	Stephanodiscus astraea einzeln,
	Cyclotella socialis einzeln,
	Cyclotella bodanica einzeln.
Chlorophyceen:	Oocystis spec. sehr einzeln,
	Staurastrum gracile einzeln.
Flagellaten:	Pandorina morum sehr einzeln,
	Dinobryon sertularia sehr einzeln,
	Dinobryon stipitatum sehr einzeln,
	Ceratium hirundinella häufig.
Rotatorien:	Polyarthra platyptera sehr einzeln,
	Rattulus bicornis (Panzer) sehr einzeln,
	Mastigocerca capucina sehr einzeln,
	Anapus testudo sehr einzeln,
	Hudsonella pygmaea sehr einzeln,
	Anuraea aculeata sehr einzeln,
	Anuraea cochlearis einzeln,
	An. cochlearis var. irregularis sehr einzeln,
	Notholca longispina (meist nur Panzer) einzeln.
Crustaceen:	Nauplien von Copepoden einzeln.

Ein Vergleich dieser Liste mit den früher mitgeteilten läßt erkennen, daß ein gewisser Stamm von Planktonformen, besonders Diatomeen, sich so ziemlich gleichmäßig das ganze Jahr hindurch erhält, allerdings in recht wechselnden Individuenmengen [1]). Im Gegensatz zu diesen mehr oder weniger perennierenden Arten stehen einige wenige

[1]) Dies tritt am auffälligsten bei Oscillatoria rubescens in Erscheinung. Im Oktober 1905 sehr häufig, ist sie Ende April und August 1906 nur in ganz vereinzelten Fäden im Plankton des Rheins nachzuweisen. Die Alge ist eine ausgesprochene psychrophile oder chimophile, d. h. kühleres Wasser liebende Form, welche im Züricher See und darum auch im Rhein in der kälteren Jahreshälfte ihre Massenentfaltung erlangt.

stenotherme Sommerformen, die nur in der wärmeren Jahreszeit auftreten, so z. B. die Rädertiere Masticocerca capucina und Anapus ovalis. Von Protozoen gehört hierher vor allem Ceratium hirundinella, die in den Altwassern des Oberrheins im Winter fast völlig fehlt, während sie im Bodensee, den Schweizer Seen allerdings in stark reduzierter Zahl ausdauert.

Während also das eigentliche Plankton recht gleichmäßig durch das ganze Querprofil des Rheins bei Hüningen verteilt war, ließ das „Pseudoplankton“ an den einzelnen Entnahmestellen deutliche Verschiedenheiten erkennen, die sich aus der Einleitung der Baseler Abwässer weiter oberhalb erklären. Neben Massen von feinem, mineralischem sowie organischem Detritus ergaben:

Linkes Ufer: Gelbgebeizte Muskelfasern, nicht selten, ein Ei von Ascaris lumbricoides, einzelne Zoogloea ramigera, Stärkezellen der Kartoffel, meist ausgelaugt, Zellulosefasern, Textilfasern usw.

Mitte des Stromes: Nur ganz vereinzelte Reste organischer Abwässer in Gestalt von Stärkezellen, Zellulosefasern und kleine Bakterien-Zoogloeen. Dann organische und mineralische Flitter, anscheinend von Anilinfarben gefärbt, Moosfragmente, Chantransia-Äste, Insektenreste [1]).

Rechtes Ufer: Gelbe Muskelfasern, Kartoffelstärkezellen, Haare, Textil- und Zellulosefasern, Pilzflöckchen (hauptsächlich Cladothrix), weiterhin abgestorbene Cladophora-Zweige, Moosfragmente, Nematoden, Chironomus-Larven usw.

Wie man aus dieser Gegenüberstellung ersieht, kommt die Einleitung der Baseler Abwässer auf beiden Ufern des Rheins auch noch 3 km abwärts in den entsprechenden Planktonproben gut zum Ausdruck. Eine Mischung hat trotz der starken Strömung auf dieser Strecke noch kaum stattgefunden, wie die Armut an eigentlichen Abwasserresten in der Strommitte beweist.

An die Planktonuntersuchungen schloß sich eine Untersuchung der Fauna und Flora der Ufer.

Die beim linken Ufer in einer Tiefe von 0,5—1 m am Grunde liegenden groben Geschiebe bargen an ihrer Unterseite eine ziemlich reiche Tierwelt, vor allem Insektenlarven, so von Ephemeriden Oligoneuria rhenana, Baëtis usw., von Trichopteren Hydropsyche, Rhyacophila, Brachycentrus, Hydroptila. Die Krebse waren durch Gammarus pulex, die Schnecken durch Ancylus fluviatilis vertreten.

Am rechten Ufer waren die Steine der Uferböschung unterhalb der Brücke mit einer grauen Schlammschicht überkleidet, die einzelne Abwasserreste enthielt. Von Pilzen kamen nur Räschen von Cladothrix zur Beobachtung. Die Tierwelt war weniger reich als am linken Ufer und enthielt neben einigen Larven von Hydropsyche und Oligoneuria sowie Nematoden auch eine Anzahl Schnecken Gulnaria (Limnaeus) ovata, welche dafür bekannt ist, daß sie auch in stark verunreinigtem Wasser noch gut auszudauern vermag. —

[1]) Von der ganzen Chitinbekleidung der Larven der Perliden, Ephemeriden usw. erweist sich bei den im Wasser treibenden Resten namentlich die Cornea des facettierten Auges als besonders resistent.

Gegen Mittag wurde die Fahrt stromabwärts fortgesetzt.

Etwa 300 m unterhalb der Hüninger Brücke mündet am rechten Ufer ein kleiner Bach ein, der durch die Abwasser einer Seidenfabrik dick bordeaux-rot gefärbt war. Trotzdem hatte in der kleinen Bucht bei der Mündung dieses Baches ein Fischer seinen Fischkasten versenkt. Das lebhafte Plätschern der Insassen beim Heben des Kastens ließ erkennen, daß die Fische noch kaum eine besondere Beeinträchtigung durch die Abwässer erfahren hatten. Ein weiterer Beweis dafür, daß die Farbe eines Abwassers allein durchaus noch keinen sicheren Schluß auf dessen direkte fischereiliche Schädlichkeit zuläßt.

4 km unterhalb der Hüninger Brücke erschien der Schmutzstreifen entlang des rechten Ufers weit über die halbe Breite des Stromes ausgebreitet, natürlich unter entsprechender Schwächung der Intensität.

10 km unterhalb der Hüninger Brücke war der Rhein fast in seiner ganzen Breite bis auf etwa 30 m am elsässischen Ufer getrübt. Das Planktonnetz ergab hier am rechten Ufer neben sehr reichlichem mineralischem und organischem Detritus noch zahlreiche Reste der Baseler Abwässer in Gestalt von Textil- und Zellulosefasern, einzelnen gelben Muskelfasern, Kartoffelzellen, Farbstofflittern, Cladothrix-Räschen. Außerdem Insektenreste, Äste von Batrachospermum moniliforme, Chantransia, Stigeoclonium, Surirella spiralis, leere Panzer des Rädertieres Notholca longispina.

12 km unterhalb der Hüninger Brücke war die Trübung ebenfalls noch wahrzunehmen; erst von km 20 ab schien jede Verschiedenheit der Färbung im Querprofile des Stromes ausgeglichen.

Von Altwassern des Rheins wurde auf dieser Strecke, wie früher, auch der Altrhein bei Bellingen am Isteiner Klotz untersucht, der ein quantitativ und qualitativ recht reiches Plankton enthielt.

Plankton des Altrheins bei Bellingen.

Cyanophyceen:	Oscillatoria rubescens ganz vereinzelt.
Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig,
	Asterionella gracillima nicht selten,
	Fragilaria crotonensis nicht selten,
	Cyclotella socialis einzeln.
Chlorophyceen:	Pediastrum Boryanum einzeln.
Flagellaten:	Chrysococcus rufescens ziemlich häufig,
	Ceratium hirundinella nicht selten,
	Peridinium quadridens nicht selten,
	Peridinium maeandricum einzeln.
Infusorien:	Holophrya spec. nicht selten.
Rotatorien:	Asplanchna priodonta häufig,
	Triarthra longiseta häufig,
	Polyarthra platyptera häufig,
	Synchaeta stylata nicht selten,
	Schizocerca diversicornis sehr einzeln,

Brachionus pala sehr einzeln,
Brachionus angularis einzeln,
Anuraea cochlearis ziemlich häufig,
Anuraeopsis hypelasma sehr einzeln,
Notholca longispina einzeln.
Krustazeen: Bosmina cornuta nicht selten,
Cyclops spec. einzeln.

II. Rheinstrecke Neuenburg-Breisach (10. August 1906).

Pegel des Rheins bei Neuenburg: 230 cm. Temperatur des Wassers 19,9 ° C., der Luft 17,6 ° C. (8 Uhr vormittag).

Während bei der Untersuchungsfahrt im Mai 1906 auf dieser Strecke zahlreiche Kiesbänke zutage getreten waren, von denen einige etwas höhere sich bereits mit lockerem Weidengebüsch bedeckt hatten, war dieses Mal von dem grünen Anfluge nichts mehr wahrzunehmen: das sommerliche Hochwasser hatte die Bänke abgetragen und an anderen Stellen stromab wieder angeschüttet.

Daß bei einer derartigen fortwährenden Bewegung der labilen Stromsohle am Grunde des Rheins [1]) sich kaum jemals eine etwas reichere Fauna und Flora auf die Dauer ansiedeln kann, ist klar. Nur an größeren Steinen, welche im Schutz der Kiesbänke der Stoßkraft des Wassers etwas entzogen waren, zeigte sich organisches Leben. In Tiefen von einem halben bis 2 m war hier die glattgerollte Oberfläche des faust- bis kopfgroßen Geschiebes mehrfach bedeckt mit schlüpfrigen Räschen einer Cyanophycee (Amphithrix janthina), deren dünne, dicht gestellte, lange Fäden die feinen, vom Wasser suspendierten Schlammpartikel zu einer gelbbräunlichen Schlickschicht niedergeschlagen hatten. Dazwischen fanden sich einige bräunliche Flecken, vorherrschend aus einem kleinen Gomphonema bestehend sowie vereinzelte Stigeoclonium-Pflänzchen. Die Tierwelt war nur durch einige Larven von Chironomus und Oligoneuria rhenana vertreten, die beide an den Steinen der Uferböschung viel zahlreicher vorkamen.

Von Altwassern des Rheins wurden auf dieser Strecke untersucht:

1. Der Altrhein von Nambsheim (linkes Ufer),
2. Der Altrhein von Hartheim (rechtes Ufer),

beide reich an dichten Beständen des fadenblätterigen Laichkrautes (Potamogeton pectinatus); im letzgenannten auch viele Büsche des kalkinkrustierten Potamogeton perfoliatus in mehr als 3 m langen Pflanzen.

3. Der Altrhein Karpfenhod, am linken Ufer oberhalb Breisach, landschaftlich einer der schönsten Altrheine des ganzen Gebietes mit ziemlich reichem Plankton, von dem das Vorkommen der ursprünglich dem Bodensee entstammenden Cyclotella socialis, Cyclotella bodanica und Peridinium maeandricum besondere Erwähnung verdienen.

[1]) Diese fortwährende Bewegung des Geschiebes auf der Stromsohle macht sich auch durch ein eigenartiges rieselndes Geräusch bemerkbar, welches man besonders deutlich wahrnimmt, wenn man das Ohr an eine in das Wasser gehaltene Stange anlegt.

III. Rheinstrecke Breisach-Kehl (11. August 1906).

Pegel an der Schiffbrücke Alt-Breisach 300 cm (am 10. August 304 cm). Temperatur des Wassers (8 Uhr vormittag) 18,7 ° C., der Luft 16,6 ° C.

Diese Strecke des Rheins gehört ebenso wie die vorhergehende zu den reinsten und ist auch fischereilich interessant. Der Salm (Salmo salar) laicht hier auch auf Kiesgründen im Strome selbst; auch die Äsche (Thymallus vulgaris) wird speziell in der Gegend von Weisweil häufig erbeutet, namentlich an den Laichgruben der Salmen. Von der verheerenden Barbenseuche ist hier niemals etwas bemerkt worden, während weiter oben am Isteiner Klotz nach Aussage der Fischer vor Jahren einzelne kranke Barben zur Beobachtung gelangten.

Untersucht wurden auf dieser Strecke:

I. Der Altrhein bei Sponeck, der durch einen langen pflanzenreichen Graben Abwässer von Alt-Breisach zugeführt erhält, besitzt eine sehr üppige Vegetation. Den Boden bedecken Büsche von Ceratophyllum demersum, sowie Rasen von Elodea canadensis in auffallend großen Exemplaren. Sehr reichlich sind die Laichkräuter vertreten: Potamogeton lucens in ganzen Bänken, weiter P. fluitans var. Billotii bis 4 m lang, P. perfoliatus, P. densus. Daneben das habituell ähnliche Polygonum natans. Von blühenden Pflanzen weiter noch Sagittaria sagittifolia var. vallisnerifolia in über 1,6 m tiefem Wasser und Batrachium fluitans. Reste der Breisacher Abwässer waren weder im Plankton noch im Schlamm des Bodens und der Wasserpflanzen nachzuweisen; es scheint, daß die reiche Pflanzenwelt des Grabens bei dessen beträchtlicher Länge (ca. 10 km) schon vorher alles absorbiert.

II. Mündung des Leopoldskanales. Wasser ziemlich klar, am Boden Schlick mit Kieseln. Von Vegetation hier nur einzelne Büsche von Batrachium fluitans. Kein eigentliches Plankton, nur einige durch Gräben vom Rheine her eingeschwemmte Tabellaria fenestrata var. asterionelloides. Abwasser-Reste wurden auch hier völlig vermißt.

III. Mündung der Elz. Ein Planktonfang ergab nur einige spärliche Diatomeen, wie Tabellaria, welche Rheinform bei dem hohen Wasserstand des Stromes durch Gräben, welche oberhalb der Untersuchungsstelle vom Rheine her in die Elz münden, eingeschwemmt wurde, gerade wie beim Leopoldskanal.

IV. Altrhein bei Ottenheim. Dieser Altrhein, an seinem oberen Ende völlig verlandet, zeichnet sich durch eine ganz prachtvolle Durchsichtigkeit aus. Bis auf etwa 6 m dringt der Blick durch das grünklare Wasser in die Tiefe[1]), wo der Boden weithin mit den sparrigen Rasen von Chara rudis, untermischt mit vereinzelten Tolypellopsis stelligera, überkleidet ist. Die tiefsten Stellen — nach der Peilung 7 bis 8 m tief — erscheinen dem Auge ganz schwarzgrün. In der mittleren Tiefe von 2—3 m bildet Hippuris vulgaris mit seinen lang flutenden Stengeln ansehnliche Be-

[1]) In dem stagnierenden vom Rheine abgeschlossenen planktonreichen Altrhein bei Neuhofen (südlich von Ludwigshafen) entschwindet die Secchische Scheibe dem Auge im Winter bei durchschnittlich 2 m, im Sommer bei 1 m Tiefe.

stände, zwischen denen die fadenartig dünnen Stengel von Potamogeton natans im Verein mit P. pectinatus, P. lucens zur Oberfläche emporziehen.

Recht ärmlich war im Vergleich zu dieser üppigen Vegetation das Tierleben der Tiefe; von Schnecken war beispielsweise nur Bythinia tentaculata in vereinzelten Exemplaren vertreten. Etwas reicher war das Plankton. Die Diatomeen traten hier ganz zurück gegen die Rotatorien, vor allem Synchaeta stylata, die überwog; dazu kamen noch Asplanchna priodonta, Gastroschiza triacantha, Hudsonella pygmaea, Anuraeopsis hypelasma, Anuraea cochlearis mit var. tecta. Von Krustazeen war Bosmina cornuta am häufigsten. —

Eine Planktonprobe aus dem freien Rhein in der Gegend von Kappel ergab neben großen Mengen von mineralischem Detritus ziemlich zahlreiche Diatomeen (vor allem Tabellaria, einzelne Cyclotella socialis), aber nur äußerst wenige tierische Organismen.

IV. Ill unterhalb Straßburg (13. August 1906).

Wie bei allen früheren Gelegenheiten wurde auch dieses Mal der Ill, diesem Paradigma der biologischen Selbstreinigung eines Flusses, eine eingehende Untersuchung gewidmet, die ich wiederum in Gesellschaft des Herrn Professor Dr. J. Forster-Straßburg vornehmen durfte. An folgenden Stationen wurde der biologische Zustand der Ill festgestellt:

I. Ill beim Nadelwehr am Rupprechtsauer Tor (oberhalb der Mündung der Straßburger Abwässer).

Wasser (Temperatur + 18,1° C.) mit vielen treibenden Büschen von Ceratophyllum demersum. Das Plankton recht arm an Formen des freien Wassers; nur einige durch den Gerstheimer Kanal eingespülte Tabellaria fenestrata var. asterionelloides, Synedra actinastroides, Eudorina elegans, sowie Larven der Muschel Dreyssensia polymorpha. Viel zahlreicher sind die Bodenformen, speziell die Diatomeen wie Nitzschia sigmoidea, Cymatopleura elliptica, Campylodiscus noricus, Melosira varians; von Grünalgen Closterium acerosum, Pediastrum boryanum; von Tieren Arcella vulgaris und Spicula von Spongilla lacustris. Auffallend spärlich waren (morgens 8 Uhr) deutlichere Reste von Abwässern zu konstatieren: nur einige Bakterien-Zoogloeen kamen zu Gesicht, dagegen keine Sphaerotilus usw., trotzdem der Fluß doch vorher in mehreren Armen die große volkreiche Stadt passiert hatte. Am Boden der Ill fanden sich hier Kiesel mit Lithoderma sowie Spongillen (Gemmulae von Sp. fragilis) und Eikapseln von Neritina fluviatilis bedeckt.

II. Mündung der Straßburger Abwässer. Die dem Dolen entquellenden schmutzigen Fluten führen dieses Mal weniger Fäkalbrocken ab, als im Mai 1906. Auf der linken Flußseite, wo die Abwässer einmünden, sind die am Ufer sich hinziehenden Schilf- und Grasbestände (Phragmites und Glyceria) auf ca. 2 km Entfernung mit großen, flutenden, graubraun inkrustierten Rasen von Sphaerotilus natans behangen. Von Tieren lebten hier überall Massen von Steinegeln (Nephelis vulgaris),

sowie zahlreiche Schnecken (Gulnaria auricularia) und Flohkrebse (Gammarus fluviatilis).

III. 100—200 m unterhalb der Mündung des Bischheimer Dolens. Unmittelbar vor der Mündung des Dolens breitet sich eine ansehnliche Schlammbank aus, aus der zahlreiche Blasen von Sumpfgas usw. aufsteigen. 100—200 m unterhalb des Dolens war das freie Wasser, wie das Planktonnetz erwies, erfüllt mit Abwasser-Resten aller Art. Große klumpige Bakterien-Zoogloeen sowie Zoogloea ramigera waren in Massen vertreten, ebenso treibende Flocken von Sphaerotilus. Sehr häufig waren noch gelbe Muskelfasern, Stärkezellen der Kartoffel, meist ausgelaugt und mit Bakterien bedeckt; Textilfasern und Zellulosefasern nicht selten. Bemerkenswert war das Auffinden eines Eies des menschlichen Spulwurmes, Ascaris lumbricoides, wie ein solches auch schon früher bei den Abwässern von Mannheim und Basel beobachtet worden war.

IV. Der eben skizzierte Planktonfang wurde in dem Hauptabwasserstrom gemacht, der sich anfangs entlang des linken Ufers hinzieht. Das rechte Ufer der Ill ist in derselben Gegend zunächst noch relativ wenig verunreinigt. Etwa 300 m abwärts von der Mündung des Schiltigheimer Dolens zeigte sich entlang des Schilfsaumes am rechten Ufer eine reiche Vegetation von Wasserpflanzen, hauptsächlich aus Ceratophyllum demersum, Elodea und Lemna sowie dichten Watten von Conferva bestehend; Potamogeton natans, P. lucens, P. crispus sowie Myriophyllum waren seltener. Auch die Tierwelt neigte hier zu einer Massenentfaltung von Individuen. Von Crustaceen waren Asellus aquaticus und Gammarus fluviatilis gemein, ebenso wie von Würmern der unvermeidliche Nephelis vulgaris. Aber sie alle traten weit zurück gegen die Menge der Mollusken. Gulnaria ovata und G. auricularia, Physa fontinalis von Schnecken und dann ganz besonders die Muschel Sphaerium corneum waren hier in derartigen Massen angesammelt, daß in $^1/_2$—1,5 m Tiefe der schlammige Boden auf Strecken hin tatsächlich damit wie gepflastert erschien. Um die relative Menge der Muscheln wenigstens einigermaßen abzuschätzen, habe ich in der gerade noch direkt zugänglichen Tiefe von etwa 60 cm mit Hilfe zylindrischer Gefäße bestimmte Mengen des Schlammgrundes abgestochen und die darin enthaltenen Sphaerien gezählt. Die Resultate waren recht interessant: Das eine Mal enthielten 16 qcm Schlammfläche 30 lebende Exemplare von Sphaerium, das andere Mal ca. 200 qcm Schlammfläche etwa 150 lebende Tiere und ebensoviele leere Schalen, also auf den Quadratzentimeter durchschnittlich rund 1—2 lebende Muscheln. Wenn wir uns nun vor Augen halten, daß diese Mollusken — wenn auch natürlich nicht immer in dieser Dichte — auf der ganzen Strecke bis gegen Wanzenau zu überall äußerst zahlreich vorhanden sind und hier überall den sedimentierenden organischen Schlamm mit seinen zahllosen Bakterien usw. als Nahrung aufnehmen, so werden wir gewiß nicht anstehen, diesen trägen Tieren einen sehr bedeutsamen Anteil an der Aufarbeitung der festen organischen Reste der Abwässer zuzuerkennen.

V. 2 km unterhalb des Bischheimer Dolens. Hier ist die Mischung der Abwässer mit dem Wasser der Ill im ganzen Querprofil des Flusses so ziemlich vollzogen, wie sich aus dem Auftreten kräftiger Sphaerotilus-Rasen an Pflanzen des rechten Ufers ergibt.

VI. 8 km unterhalb des Bischheimer Dolens. Das in dieser Gegend gefischte Plankton zeigt nur noch minimale Reste der Abwässer: einzelne Räschen von Sphaerotilus, sowie Textil- und Zellulosefasern, dagegen keine gelben Muskelfasern, keine Zoogloeen, keine Stärkezellen usw. mehr. Von tierischen Organismen fanden sich einzelne Stöckchen von Epistylis plicatilis, Rädertiere wie Actinurus neptunius, Colurus bicuspidatus, dann Nauplien von Copepoden. Von Pflanzen Spirulina Jenneri — wie man sieht, alles Bodenformen.

Auch das ganze äußere Ansehen, die Farbe des Rückstandes im Planktonnetz war hier eine andere als beispielsweise auf Station II. Der bei der Mündung der Abwässer im Planktonnetz aufgefangene treibende Abwässerdetritus zeigte nach der Sedimentierung im Glase eine schmutzig graue Färbung und ein recht lockeres verworrenes Gefüge, verursacht durch die zahlreichen, oft recht ansehnlichen Pilzfäden, Pflanzen- (Gemüse)-Reste, Woll- und Textilfasern, Zellulosefasern des Papiers usw. Je mehr die Selbstreinigung fortschreitet, desto mehr nimmt der Detritus eine braungelbe Farbe an und sein Gefüge nach der Sedimentierung wird kompakter, feinkrümeliger, humöser. Ich habe übrigens diese Wandlung bei allen städtischen Abwässern meiner Untersuchungsstrecke beobachtet.

Diese Reinigung von festen Abwasserresten ist neben der Sedimentierung in hervorragendem Maße der Filtration durch die submerse Pflanzenwelt der Ill sowie der Nahrungsaufnahme der hier angesiedelten Tierwelt zuzuschreiben. Wie wir bereits sahen, war die Vegetation der Ill etwa 300 m unter der Einmündung des Bischheimer Dolens auf dem durch die Abwässer noch nicht direkt beeinflußten rechten Ufer schon eine recht reiche. Etwa 6 km weiter abwärts war die Pflanzenwelt — vor allem Ceratophyllum, Elodea, Potamogeton, Nuphar usw. — so außerordentlich üppig entwickelt, daß die Strombauverwaltung sich jeden Sommer genötigt sieht, zur Vermeidung von Stauungen des Abflusses die Pflanzen unter Wasser abmähen zu lassen. Obwohl in diesem Jahre seit Ende Juni anfangs 5 jetzt 3 Maschinen in Tätigkeit sind und obwohl ganze Bänke abgemähter hellgrüner Nuphar-Blätter, Ceratophyllum usw. stromab treiben, ist für das Auge von einer irgendwie beträchtlicheren Abnahme der submersen Vegetation nicht allzuviel zu bemerken. Eine besondere Erwähnung dürfte noch die Tatsache finden, daß die ca. 8 km unterhalb des Bischheimer Dolens am Grunde wurzelnden Pflanzen völlig frei von Sphaerotilus erschienen, während die hier vorbeitreibenden, etwa 2 km weiter oberhalb gemähten Pflanzen vielfach noch mit den grauen pinselförmigen Räschen dieses Pilzes bedeckt waren.

Flora und Fauna der Ceratophyllum-Bestände etwa 8 km unterhalb der Mündung des Bischheimer Dolens.

Die Büsche von Ceratophyllum demersum am Grunde der Ill sind meist mit dichten grünen Watten von Fadenalgen (Cladophora fracta und ein steriles Oedogonium mit dicken Zellen) umsponnen, in deren Gewirre der sedimentierende organische Schlamm festgehalten und niedergeschlagen wird. Hier entfaltet sich ein äußerst reiches mikroskopisches Pflanzen- und Tierleben. Die Algenfäden sind oft dicht besetzt mit epiphytischen Diatomeen, besonders Diatoma vulgare, Cocconeis pediculus,

Rhoicosphenia curvata, Cocconema lanceolatum, Synedra ulna, S. radians usw. Von Pilzen ist Cladothrix dichotoma am häufigsten. Die festsitzenden Tiere sind vertreten durch zahlreiche Vorticellen, Epistylis plicatilis, Cothurnia crystallina.

Frei im Schlamm leben von Pflanzen Unmassen kleiner und kleinster Naviculeen, von größeren Formen besonders Navicula cuspidata, dann Closterium moniliforme, Oscillatoria, Spirulina Jenneri, letztere weniger zahlreich. Die Protozoen waren neben Rhizopoden, wie Amoeben, Arcella vulgaris, Actinosphaerium Eichhorni besonders durch außerordentliche Individuenmengen von Infusorien vertreten, von denen Trachelius ovum, Amphileptus Claparedii, Chilodon cucullulus, Stentor polymorphus, Stylonychia mytilus, Euplotes patella, Oxytricha-Arten besonders genannt seien. Auffallend war die Seltenheit der Flagellaten. Zahlreich waren dagegen die Rotatorien, vor allem Rotifer vulgaris, Colurus bicuspidatus, Col. obtusus, Melopidia solida, M. lepadella. Außerdem Nematoden, Chaetogaster und Chironomiden-Larven. Weiter die bereits erwähnten zahlreichen Schnecken, Asellus, Gammarus. Und alle diese Tiere sind unermüdlich beschäftigt, die Überfülle der Nahrung, welche ihnen in Form des sedimentierenden, feinen, organischen Schlammes geboten wird, in eigene Leibessubstanz umzuwandeln!

Wenn man weiter bedenkt, daß diese während der Fahrt bestimmten Organismen nur die häufigsten Formen darstellten, welche in jedem Tropfen des Schlammes massenhaft vorhanden waren, so erschließt dies vielleicht die Bedeutung, welche der Kleinfauna bei Verarbeitung der festen Abwasserreste zukommt.

VII. Ill bei Wanzenau. Die Üppigkeit der Pflanzenwelt hat hier, wo der Boden des Flusses vielfach mit Kies bedeckt ist, beträchtlich abgenommen. Ceratophyllum tritt mehr zurück; Potamogeton fluitans und P. pectinatus finden sich in einzelnen größeren Bänken. Die Schlamm liebenden Organismen, vor allem die oben so häufigen Sphaerien, sind ebenfalls recht selten geworden. Bei der Wanzenauer Brücke bedecken große gerollte Kiesel den Boden der Ill, bewohnt von Neritina fluviatilis (mit Eikapseln), Dendrocoelum lacteum, Planaria polychroa, Larven von Hydroptila.

VIII. 2,5 km unterhalb Wanzenau. Das Plankton enthält nur wenig mineralischen, dagegen mehr organischen, sehr feinkrümeligen Detritus mit sehr spärlichen Organismen. Sphaerotilus war hier äußerst selten, nur in mikroskopischen Räschen vertreten, die wohl von den oben erwähnten treibenden Pflanzen stammten. Sonst nur noch einige der so schwer angreifbaren Zellulose- und Textilfasern. —

Wie man sieht, ist dieses Mal die biologische Selbstreinigung der Ill eine recht weitgehende. Daß dies in erster Linie der üppigen Vegetation und dem reichen Tierleben zu danken ist, dürften die vorstehenden Ausführungen wohl zur Genüge bewiesen haben. In ausgezeichneter Weise harmonieren hiermit auch die bakteriologischen Befunde, welche Herr Professor Forster am nämlichen Tage erhalten hatte. Nach seiner freundlichen Mitteilung betrug die Keimzahl im Kubikzentimeter:

1. Oberhalb der Mündung der Straßburger Abwässer (oberhalb des Rupprechtsauer Fabrikkanals): 2000

2. 250 m unterhalb des Bischheimer Dolens: 45540
3. Beim „Englischen Hof“ ca. 4 km unterhalb des Bischheimer Dolens: 43000
4. 2,5 km unterhalb der Wanzenauer Brücke: 1970

Eine ausführliche Diskussion dieser Befunde verspare ich mir auf einen späteren Bericht, wenn einmal Beobachtungen aus der eigentlichen kalten Jahreszeit (Dezember bis Februar) vorliegen.

V. Stromstrecke Kehl-Maxau (14. bis 16. August 1906).

Am 15. August 1906 stand der Pegel des Rheins bei Kehl auf 292 cm, am 14. auf 298 cm. Die Temperatur des Wassers betrug 20,5° C.

Kehler Hafenanlagen.

Am 14. August wurde auch den neuen Hafenanlagen von Kehl eine kurze Untersuchung gewidmet. In Bassin II, das von Wasserpflanzen einige Potamogeton-Büsche enthielt, war der Boden bedeckt mit einem sehr feinen zähen gelblichen Schlick, der von Tieren nur einige Chironomus-Larven beherbergte. Das Plankton war sehr reich an Arten und Individuen der charakteristischen Rheinformen, wie solche beispielsweise schon für den Altrhein Bellingen aufgezählt wurden. Von einer Wiedergabe der speziellen Liste dürfte daher abgesehen werden.

Schutter bei Kehl (14. August 1906).

Das aus der Schutter resp. dem Schutter-Mühlkanal in den Rhein einströmende Wasser bildet bei der Mündung einen Wirbel mit rückläufiger Bewegung stromaufwärts. Im ganzen Bereich der Strömung — bis etwa 20 m stromauf — sind die Steine der Uferböschung mit dichten Rasen von Sphaerotilus, untermischt mit zahlreicher Zoogloea ramigera bedeckt. Dazwischen viele Zellulosefasern, z. T. mit epiphytischen Pilzfäden und Bakterien-Zoogloeen bewachsen. Von Abwasserorganismen fanden sich Paramaecium aurelia und Nematoden.

Das Wasser der Schutter (Temperatur 23° C.) ist stark getrübt, gelbbraun. Bei der Mündung, wo sich im stilleren Zentrum des Wirbels am Grunde ansehnliche Ablagerungen eines schwarzen, an Zellulosefasern usw. reichen Schlammes finden, steigen beim Einstoßen des Ruders unzählige Blasen von Sumpfgas auf. Oberhalb der Brücke nimmt die Intensität und die Trübung des Schutterwassers stetig zu. In einer Entfernung von etwa 1—1,5 km oberhalb der Mündung stellt das Wasser eine dunkelgelbe Schmutzbrühe dar, welche selbst in einer nur 1,5 cm dicken Schicht eine deutliche weingelbe Färbung und zahllose suspendierte Zellulose- und Textilfasern erkennen läßt.

Da das Wasser des Schutterkanals dieses Mal ziemlich niedrig war, trat am Ufer überall ein etwa 1 m breiter Schlammstreifen zutage, vielfach mit häßlichen Lumpenresten bedeckt. An allen möglichen Fixationspunkten, an Steinen sowie Stengeln und Wurzeln der am weitesten gegen das Schmutzwasser vordringenden Uferpflanzen (Glyceria, Lysimachia vulgaris, Iris) fluteten große graue Pilzrasen.

Im strömenden Rheine war die Verunreinigung durch die Schutter bis zur Kinzigmündung nachweisbar und zwar durch dichte, etwa 1—2 cm lange Sphaerotilus-Räschen an den Ufersteinen. In etwa 50 m Entfernung unterhalb der Schuttermündung hatten sich auch einige Pflänzchen der Alge Cladophora glomerata angesiedelt, pelzartig überzogen von Sphaerotilus und Bakterienfäden und reich an aufgefangenem Rheinschlick sowie Zellulosefasern. Die gröbere Fauna war nur durch ein einziges Exemplar der Schnecke Gulnaria ovata vertreten.

Mündung der Rench (15. August 1906).

Bei seiner Mündung in den Rhein zeigt dieses Schwarzwaldflüßchen in seinem klaren Wasser eine recht üppige Vegetation. Der schlammig-schlickige, mit zerstreuten Rollkieseln bedeckte Boden ist von ausgedehnten dichten Rasen von Elodea canadensis bedeckt, von der einzelne Stengel die beträchtliche Länge von 1,70 m erreichen. Darüber erheben sich flutende Büsche von Batrachium fluitans, Potamogeton crispus, Myriophyllum, während die Blätter von Nuphar luteum den Spiegel bedecken.

Das freie Wasser enthielt nur wenig mineralischen Detritus und keine eigentlichen Planktonorganismen, dagegen zahlreiche Formen des Bodens und der Wasserpflanzen, so von Algen z. B. Dictyosphaerium Ehrenbergianum, Staurogenia rectangularis, Cosmarium, Cyclotella Meneghiniana, Melosira varians, Fragilaria virescens, von Protozoen Sphaerastrum Fokei, Pandorina morum, Spongomonas intestinum.

Altrhein bei Illingen.

Dieser große, gegenüber der elsässisch-pfälzischen Grenze ausmündende Altrhein erhält durch den sog. „Stinkgraben" einen Teil der Abwässer der Stadt Rastatt zugeführt. Er wurde deshalb in seiner ganzen Ausdehnung befahren; typische Abwässerorganismen wurden aber in ihm nicht gefunden.

Ich kenne am ganzen Oberrhein nur sehr wenig Altwässer, welche so stark verkrautet sind wie der Altrhein von Illingen. Im oberen, dem der Murg genäherten Abschnitte, welcher in dem klaren Wasser Tiefen von 2—3 m aufweist, ist der Spiegel vielfach unterbrochen durch große Horste von Scirpus lacustris. Den Boden begrünen auf weite Strecken hin ausgedehnte Bestände von Elodea canadensis, die jetzt Tausende ihrer zarten Blüten zur Wasseroberfläche emporsendet, daneben Hippuris vulgaris, Ceratophyllum demersum und ganz besonders Potamogeton lucens. An der Oberfläche dann noch Nuphar luteum, Hydrocharis morsus ranae und Limnanthemum nymphaeoides, sowie große emporgehobene Watten von Conferva (globulifera?). Ein schmaler, nur etwa 10—12 m breiter Kanal, dessen strömendes Wasser dicht erfüllt ist mit flutenden Büschen von Oenanthe aquatica var. conioidea sowie Sagittaria sagittifolia var. vallisnerifolia, verbindet den oberen Teil des Altrheins mit dem unteren, welcher in den Rhein ausmündet. Dieser ist weit ärmer an Wasserpflanzen und weist hauptsächlich Büsche von Potamogeton pectinatus auf.

In einem auffallenden Gegensatz zu der Üppigkeit der Vegetation des Altrheins bei Illingen steht dessen Armut an Tieren: ein eigentliches Plankton fehlte dem oberen Teile so gut wie völlig. Was in das feine Netz geriet, waren verschlagene

epiphytische Formen der Wasserpflanzen, vor allem Diatomeen wie Epithemia sorex, Synedra ulna, Cocconeis pediculus usw.

Diese Erscheinung — außerordentlicher Reichtum an Wasserpflanzen, Klarheit des Wassers, Armut an Plankton — ist übrigens keineswegs auf den Altrhein Illingen beschränkt. Ich fand sie auch bei anderen Altwässern (Altrhein Sponeck, Altrhein Diersheim usw.) und zahlreichen Teichen des Gebietes. Es handelt sich hier jedenfalls um eine allgemeine Erscheinung. Eine Erklärung hierfür ist nicht so ganz einfach zu geben. Die scheinbar am nächsten liegende Annahme, daß durch das üppige Vegetieren der höheren Pflanzen der Lebens-Raum für die Entfaltung einer frei schwebenden und schwimmenden Mikrofauna und -flora allzusehr eingeengt wird, kann kaum allein ausschlaggebend sein, denn es gibt Teiche und Tümpel genug, deren gesamtes Wasserquantum um ein ganz Beträchtliches geringer ist als die im Altrhein Illingen usw. zwischen den Pflanzen noch verbleibende freie Wassermasse und die dennoch ein oft sehr reiches Plankton beherbergen. Diese Gewässer sind meist auch völlig frei von höheren Wasserpflanzen. Mir scheint alles darauf hinzudeuten, daß durch eine üppige Vegetation von höheren Pflanzen dem Wasser so viel Nährstoffe entzogen werden, daß dadurch die Entfaltung des Phytoplanktons und damit auch diejenige des Zooplanktons mehr oder weniger verhindert werden kann. Dies gilt nach meinen vielfältigen Erfahrungen ganz besonders von jenen abgeschlossenen stagnierenden Gewässern, bei denen auch der Boden von einer dichten Vegetationsdecke überzogen ist. Eine derartig rasenartig geschlossene Vegetation grundständiger Pflanzen, wie sie von Elodea und dann besonders von den Characeen gebildet sind, dürfte eine Planktonarmut vor allem dadurch bedingen, daß sie den Übertritt der Nährstoffe des Bodens in das freie Wasser mehr oder weniger verhindert.

Daß wirklich der quantitative Planktongehalt eines Gewässers sehr wesentlich auch von den Nährstoffen des Bodens beeinflußt wird, ersehen wir daraus, daß Gewässer mit ansehnlichen bodenfernen Wassermassen — also große und vor allem tiefe Seen mit steilen Hängen und geringer Uferentwicklung — in einem gleichen Wasserquantum erfahrungsgemäß viel weniger Plankton produzieren, als seichte Seen mit flachen reich gegliederten Ufern. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefert in dieser Hinsicht der Bodensee; hier ist der weithin sich dehnende bis 252 m Tiefe absinkende Obersee sehr viel planktonärmer als der mit ihm zusammenhängende weit kleinere Untersee, der meist nicht viel tiefer als 20—25 m wird.

Daneben wäre auch noch ein weiterer Umstand zu berücksichtigen. Die Planktonarmut könnte zum Teil auch noch dadurch mit bedingt sein, daß Dauerzustände eingeschleppter Planktonorganismen, welche bei unseren Süßwasserformen wohl fast durchgängig irgend einmal mit dem Boden in Berührung kommen müssen, beim Niedersinken von dem lockeren organischen Schlamm, welcher den Grund vegetationsreicher Gewässer bedeckt, überschüttet werden und zugrunde gehen und zwar infolge von Sauerstoffmangel, welcher hier an den Lokalitäten einer besonders ausgiebigen Methangärung der Zellulose (faulende Pflanzenreste) herrscht. Ich werde auf diese Fragen wohl noch an anderer Stelle, bei einer eingehenden Schilderung der von mir so genannten „sapropelischen Lebewelt“, zurückkommen. —

Von weiteren Altwässern auf dieser Strecke wurden noch untersucht der Altrhein von Honau, der von Diersheim, der durch seine Tiefe (bis 7,20 m!) wundervolle Klarheit des Wassers und Reichtum seiner Pflanzenwelt ausgezeichnet ist, sowie der Altrhein von Iffezheim.

VI. Rheinstrecke Maxau-Speyer (17. August 1906).

Pegelstand bei der Schiffbrücke Maxau am Morgen des 17. August 1906: 415 cm, am 16. August 427 cm. Wasser des Rheins wie bisher grüngrau, etwas getrübt.

Zellulosefabrik bei Maxau.

Die unterhalb der Schiffbrücke unter dem Wasserspiegel in den Rhein eingeleiteten Abwässer dieser Fabrik sind in Form aufquellender brauner Wolken etwa 100 m abwärts direkt zu verfolgen. Eine irgendwie tiefer gehende Beeinflussung der Organismenwelt des Ufers durch dieselben war kaum zu konstatieren, abgesehen davon, daß an den Holzpfählen eines Kranes, etwa 100 m unterhalb des Einlaufs, sich kleine Räschen von Sphaerotilus angesiedelt hatten.

Alb bei Karlsruhe.

Beim Jägersteig, über 2 km oberhalb der Mündung des Albaltwassers in den Rhein, dem Beginn der jeweiligen Untersuchungen, ist das Wasser des Flüßchens stark getrübt und erfüllt von zahlreichen treibenden Sphaerotilus-Flocken, zu denen die mikroskopische Untersuchung noch Leptomitus lacteus, Mucor-Räschen, Zoogloea ramigera sowie zahllose Bakterien gesellte. Gelbe Muskelfasern sind nicht selten.

Auch das Balkenwerk des Steges sowie das hier angeschwemmte Reisig war mit langen flutenden Rasen von Sphaerotilus natans behangen, zwischen dem noch vereinzelte Leptomitus lacteus sowie viele Zoogloea ramigera vegetierten. Von Abwasser-Infusorien fand sich Carchesium Lachmanni, allerdings nicht gerade zahlreich; außerdem noch Rotifer vulgaris und Chaetogaster diaphanus.

Die Ufer sind auf eine große Strecke hin bedeckt mit einem halbflüssigen breiigen Schlamm, der oben gelbbraun gefärbt ist, nach der Tiefe zu aber rasch tintenschwarz wird. Eine Unmenge Gasblasen entquellen seinem stinkenden Innern; große Fetzen und Fladen von ihm treiben die Alb hinab. Von organischem Leben ist hier nur sehr wenig zu konstatieren: neben Bakterien, besonders Sarcina paludosa, einige Fäden von Oscillatoria chalybaea Gelbe Muskelfasern fehlen auch hier nicht.

100 m unterhalb des Jägersteiges ist der Boden der Alb sandig-schlammig, bedeckt mit schwarzem, stinkendem Detritus und völlig frei von gröberer Fauna.

500 m unterhalb des Jägersteiges mündet von links her ein Seitenarm des Altwassers ein, der bei etwas höherem Pegelstande (über 4 m) vom Rheine her Wasser einströmen läßt. Dadurch wird das schmutzige Abwasser mehr an das rechte Ufer gedrängt, wo es, kenntlich an der starken Schaumbildung, nach unten abzieht. Der Boden ist hier mit einer dicken organischen Schlammschicht bedeckt, reich an modernden, geschwärzten, vegetabilischen Resten aller Art, Papier usw. Von Tieren

vermögen hier nur einige resistente rote und gelbe Chironomus-Larven auszudauern. Auch wurde ein Exemplar von Nephelis vulgaris gefunden.

Ganz dasselbe Bild des Bodenzustandes ergab sich noch 1,5 km unterhalb des Jägersteiges. Submerse Wasserpflanzen, Schnecken usw. wurden völlig vermißt. Auch das Plankton zeigte hier noch zahlreiche Abwasserreste in Gestalt von organischem Detritus sowie Abwasserorganismen wie Sarcina paludosa in größeren Paketen, Zoogloea ramigera sowie Beggiatoa-Fäden einzeln, kleine Sphaerotilus-Räschen, Oscillatoria chalybaea, Vorticella-Köpfe usw.

Nicht weit von der Mündung des Alb-Altwassers mündet rechts ein großes Altwasser ein, welches den Namen „Bodensee“ führt. Sein gelbbraun gefärbtes Wasser quillt bogenförmig in die dunkel-schmutzige Alb vor. Es enthält, was sich schon an der Farbe erkennen ließ, ein sehr reiches Plankton, wie folgende Liste zeigt.

Plankton des Altrheins „Bodensee“ bei Karlsruhe.

Cyanophyceen:	Clathrocystis aeruginosa einzeln.
Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr einzeln,
	Synedra delicatissima einzeln,
	Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla einzeln,
	Melosira tenuissima einzeln.
Chlorophyceen:	Golenkinia botryoides ziemlich häufig,
	Actinastrum Hantzschii ziemlich häufig,
	Pediastrum pertusum nicht selten,
	Pediastrum Boryanum einzeln,
	Pediastrum simplex mit var. clathrata nicht selten.
Flagellaten:	Eudorina elegans sehr einzeln,
	Pteromonas alata Stein sehr einzeln,
	(Euglena acus nicht selten),
	(Phacus longicauda nicht selten),
	Synura uvella sehr häufig,
	Dinobryon sertularia nicht selten,
	Dinobryon stipitatum nicht selten,
	Gymnodinium spec. nicht selten.
Rotatorien:	Asplanchna priodonta ziemlich häufig,
	Asplanchna Brightwellii einzeln,
	Synchaeta stylata nicht selten,
	Triarthra longiseta ziemlich häufig,
	Polyarthra platyptera nicht selten,
	Anuraea cochlearis ziemlich häufig,
	Anuraea cochlearis tecta ziemlich häufig,
	Anuraeopsis hypelasma nicht selten,
	Brachionus pala homoceros nicht selten.
Krustazeen:	Bosmina cornuta nicht selten,
	Nauplien von Copepoden nicht selten.

Das Altwasser „Bodensee“ hat in seiner ganzen physischen Konfiguration viel Ähnlichkeit mit den großen Altwassern des Rheins beim Angelhof und bei Otterstadt zwischen Ludwigshafen und Speyer, die später abgehandelt werden. Ein Vergleich der daselbst gegebenen Planktonliste mit der oben stehenden zeigt neben manchen Übereinstimmungen doch noch recht charakteristische Unterschiede. So fehlt im Altwasser „Bodensee“ vor allem das dort so häufige Ceratium hirundinella völlig; dafür treten hier einige andere Formen auf, besonders, welche sonst dem typischen Plankton des reinen Rheines mehr oder weniger fremd sind, so z. B. die Grünalgen Golenkinia botryoides, Actinastrum Hantzschii, die Cyanophycee Clathrocystis aeruginosa, die Diatomee Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla, das Rädertier Brachionus pala. Alle diese Formen fehlen den offenen reinen Altwassern des Stromes, während sie in dem durch Abwässer vom Frankenthaler Kanal her verunreinigten Altrhein von Roxheim[1]) sowie in gewissen Dorfteichen[2]) während des Sommers regelmäßig und oft in Massenentfaltung auftreten. Ihr Vorkommen im „Bodensee“ sowie das Fehlen des reines Wasser liebenden Ceratium hirundinella deutet mit Sicherheit darauf hin, daß dieses Altwasser von der Alb her — mit welcher es noch durch eine obere Öffnung in Verbindung steht — N-haltige, gelöste, fäulnisfähige organische Substanz zugeführt erhält.

Kurz vor der Mündung in den strömenden Rhein zeigte das hier quantitativ sehr reiche Plankton des Alb-Altwassers eine Mischung typischer Rheinformen (Tabellaria, Ceratium usw.) mit denen des Altwassers. Von Abwasserorganismen fanden sich noch einige Zoogloea ramigera, Oscillatoria chalybaea sowie pflanzlicher Detritus. —

Überblicken wir all diese Befunde noch einmal, so ergibt sich wohl zur Genüge, daß von einer normalen biologischen Selbstreinigung, wie sie uns in der Ill entgegentrat, in der Alb kaum die Rede sein kann, schon darum, weil die hauptsächlichsten biologischen Faktoren derselben — grüne submerse Pflanzenwelt und eine reicher entfaltete Tierwelt, vor allem Schnecken usw. — so gut wie völlig fehlen. Das Alb-Altwasser wirkt nur als eine Art Faulkammer, wie besonders auch die Untersuchung des Bodens zeigte. Biologisch völlig aufgearbeitet dürfte eigentlich nur jenes verunreinigte Albwasser werden, das in die benachbarten pflanzen- und tierreichen Altrheine übertritt. —

Im strömenden Rheine sind bei dem gegenwärtig ziemlich hohen Pegelstande Einwirkungen des Albwassers schon nach einer relativ kurzen Strecke kaum mehr

[1]) R. Lauterborn: Ergebnisse einer biologischen Probeuntersuchung des Rheins. In: Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. XXII (1905) S. 644–646.

[2]) Bemerkenswert in dieser Hinsicht ist ein kleiner sehr schmutziger Dorftümpel in der Nähe von Ludwigshafen, welcher auch von den Gänsen des Ortes reichlich „gedüngt“ wird. Sein Wasser ist im Sommer grün gefärbt durch Massenentfaltung von Chlorophyceen nnd Flagellaten, wie z. B. Golenkinia botryoides, Actinastrum Hantzschii, Pediastrum pertusum und P. Boryanum, Scenedesmus quadricauda usw., Staurogenia apiculata, Lemmermannia emarginata, Didymogenes palatinus, Pandorina morum, Pleodorina illinoisensis (sehr charakteristisch!). Alle diese freischwebenden Formen sind namentlich bei Massentfaltung — ebenso wie gewisse Diatomeen (Stephanodiscus Hantzschianus, Cyclotella chaetoceros), Rotatorien (Brachionus pala, Br. lineatus) — Leitformen für Anreicherung gelöster N-haltiger organischer Substanz im Wasser.

nachzuweisen. Ungefähr 800 m unterhalb der Albmündung ergab das Planktonnetz nahe dem rechten Ufer von Abwasserresten dieses Mal nichts als ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel sowie Reste der Schale derselben. Abwasserpilze usw. konnten nicht mehr nachgewiesen werden. —

In den „Erläuterungen zu den ersten 3 (chemisch-bakteriologischen) Rheinuntersuchungen" ist bemerkt worden, es bleibe unaufgeklärt, warum unterhalb der Albmündung (die bei km 197,6 liegt), bei km 197,8 eine Steigerung der Keimzahlen[1]) auf 26015, noch weiter abwärts bei km 199 gar eine solche auf 89375 stattfindet.

Ich glaube, diese beim ersten Blicke allerdings auffällige Zunahme der Keimzahlen erklärt sich einfach aus der Beschaffenheit des Ufers. Bis km 198,5 ist die Uferböschung fest und lückenlos gepflastert; von hier bis km 199,2 ist die Böschung dagegen nur mit lose aufliegenden größeren Steinen beworfen. In den Lücken und Höhlungen zwischen den Steinen hat sich sehr viel Rheinschlick abgelagert, der mitsamt seinen Bakterien durch den starken Wellenschlag der vorbeifahrenden großen Schleppdampfer — der Talweg führt hier am rechten Ufer vorbei! — aufgerührt und im Wasser suspendiert wird. Weiter oben ist wegen des Pflasterbaues eine ausgiebigere Sedimentierung des Schlickes unmöglich.

VII. Rheinstrecke Speyer-Ludwigshafen (18. August 1906).

Pegel bei Speyer morgens 365 cm; Temperatur des Wassers 18,5° C.

Speyerbach.

Das Wasser des Baches, erfüllt mit Massen treibender Sphaerotilus-Flocken, Küchenabfällen aller Art, weiter Mucor-Räschen, Bakterien-Zoogloeen, Stärkezellen, gelbe Muskelfasern usw., setzt sich durch seine trüb bräunliche Farbe scharf gegen das graugrüne Wasser des Rheins ab. Die Mischung vollzieht sich indessen sehr schnell, und bereits etwa 40—50 Schritte unterhalb der Mündung ist jeder Unterschied verwischt. Die Pilzflocken werden durch die Fluten des Stromes so bald verteilt, daß sie in ca. 50 m Entfernung von der Mündung nur noch nach längerem Exponieren des Netzes aufgefangen werden konnten.

Altrhein beim Angelhof und bei Otterstadt.

Das Plankton dieser beiden Altwässer erwies sich wieder als sehr reich an Arten und Individuen, reicher als jede andere offene Strombucht des Oberrheins. Im allgemeinen zeigt die Flora und Fauna große Übereinstimmung. Daß bei Otterstadt mehr Chlorophyceen vorkommen als beim Angelhof, dürfte wohl darauf zurückzuführen sein, daß das zuerst genannte Dorf ganz nahe bei dem Altrhein liegt, so daß Abwässer leicht ihren Weg nach diesem finden, während beim Altrhein Angelhof die gleichnamige Ziegelei die einzige menschliche Siedelung ist.

[1]) Die Keimzahl des Rheins am rechten Ufer oberhalb der Albmündung betrug zur Zeit der Untersuchungen im Dezember 1904 nur 865.

Plankton der Altrheine beim Angelhof und bei Otterstadt.

		Angelhof	Otterstadt
Cyanophyceen:	Clathrocystis aeruginosa	—	sehr einzeln
Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	nicht selten	nicht selten
	Asterionella gracillima	nicht selten	ziemlich häufig
	Synedra delicatissima	nicht selten	nicht selten
	Synedra actinastroides	—	sehr einzeln
	Fragilaria crotonensis	nicht selten	nicht selten
	Attheya Zachariasi	ziemlich häufig	häufig
	Melosira tenuis und var. tenuissima	ziemlich häufig	sehr häufig
	Cyclotella quadrijuncta	—	sehr einzeln
Chlorophyceen:	Pediastrum Boryanum	sehr einzeln	nicht selten
	Pediastrum pertusum	—	nicht selten
	Staurastrum gracile	—	nicht selten
	Coelastrum spec.	—	nicht selten
	Scenedesmus quadricauda	—	einzeln
Flagellata:	Eudorina elegans	sehr einzeln	—
	Dinobryon sertularia var. / Dinobryon stipitatum / Dinobryon angulatum	sehr häufig	ziemlich häufig
	Mallomonas dubia	häufig	ziemlich häufig
Heliozoen:	Acanthocystis lemani	—	nicht einzeln
Infusorien:	Tintinnidium fluviatile	einzeln	einzeln
	Codonella lacustris	nicht selten	nicht selten
Rotatorien:	Floscularia mutabilis	einzeln	—
	Asplanchna priodonta	nicht selten	einzeln
	Polyarthra platyptera	häufig	nicht selten
	Synchaeta stylata	einzeln	einzeln
	Polyarthra platyptera var. euryptera	—	einzeln
	Triarthra longiseta	ziemlich häufig	nicht selten
	Hudsonella pygmaea	nicht selten	nicht selten
	Mastigocerca capucina	einzeln	einzeln
	Mastigocerca pusilla	einzeln	einzeln
	Rattulus bicornis	einzeln	einzeln
	Pompholyx sulcata	—	ziemlich häufig
	Anuraea cochlearis	ziemlich häufig	ziemlich häufig
	„ „ var. tecta	häufig	ziemlich häufig
	„ „ var. hispida	nicht selten	ziemlich häufig
	„ „ var. irregularis	nicht selten	ziemlich häufig
	„ hypelasma	ziemlich häufig	ziemlich häufig

		Angelhof	Otterstadt
Krustazeen:	Daphnella brachyura	—	nicht selten
	Daphnia cucullata	—	nicht selten
	Bosmina cornuta	nicht selten	häufig.

Oberhalb der Mündung des Rehbaches befindet sich eine Stelle, welche in sehr instruktiver Weise zeigt, wie außerordentlich scharf gewisse Abwasserorganismen selbst auf ganz lokale Anreicherungen der ihre Entwicklung bestimmenden Stoffe reagieren. Es springt hier ein sogenannter „Sporen", d. h. ein durch einen Querdamm mit dem Ufer verbundenes Parallelwerk in den Rhein vor, an dessen Knie die Strömung einen sehr lebhaften Wirbel bildet. In dem davon umschlossenen Bezirke ruhigeren Wassers — eine Fläche von etwa 2—3 Quadratmetern — sind alle Steine am Grunde sowie die auf ihnen wurzelnden Büsche von Fontinalis antipyretica von etwa 1 cm hohen schneeweißen Räschen der Schwefelbakterie Thiothrix nivea wie mit einem feinen Rauhreif dicht überzogen. Woher stammt nun der für die Entwicklung dieser Schwefelbakterie unentbehrliche Schwefelwasserstoff? Die Antwort gaben einige faulende Regenwürmer, welche in den Tiothrix-Rasen lagen: im stillen Wasser des Wirbels sinken die vom Strome mitgeführten toten Organismen, Detritus aller Art usw. zu Boden und bilden hier inmitten einer ganz reinen Umgebung einen scharf begrenzten lokalen Fäulnisherd. Daß bei dem Zerfall des organischen Eiweißes hier eine ganz beträchtliche Menge von Schwefelwasserstoff entbunden wird, lehrt die Anhäufung eines schwarzen, an Schwefeleisen reichen Schlammes zwischen den Steinen am Grunde. Eine starke Methangärung der abgelagerten Pflanzenreste bewies die lebhafte Gasentwicklung beim Einstoßen eines Stockes[1]).

Planktonproben wurden auf dieser Strecke dem Rheine noch oberhalb Speyer und oberhalb Ludwigshafen, beide Male gegen das rechte Ufer zu entnommen. Eigentliche Verunreinigungen konnten nicht nachgewiesen werden.

VIII. Rheinstrecke Ludwigshafen-Worms (20. August 1906).

Pegel des Rheins 360 cm, steigend. Temperatur des Wassers 19,5° C.

Städtische Abwässer von Ludwigshafen.

Die Abwässer führten neben Sphaerotilus, Zoogloea ramigera, zahlreichen anderen Bakterien-Zoogloeen, gelben Muskelfasern, Zellulose- und Textilfasern usw. auch noch Fäkalbrocken mit sich, welch letztere etwa 600 m stromab direkt zu verfolgen waren. Besonders zahlreich waren dieselben mit Papierfetzen, Gemüse- und Strohresten direkt oberhalb des ersten Einlaufes der Abwässer der Anilinfabrik zusammengetrieben, wo die in starkem Schusse einströmenden Fabrik-Abwässer eine Art von Stau des Rheinwassers bewirkten.

[1]) Leider ist die Lokalität neuerdings zerstört worden, indem durch Fortsetzung des Parallelwerkes stromauf die Bedingungen für die Wirbelbildung aufgehoben wurden. Immerhin habe ich doch etwa 2 Jahre lang bei jedem einigermaßen günstigen Wasserstand, Sommer und Winter, das interessante Bild beobachten können.

400 m unterhalb der Ausmündung des städtischen Abwasser-Dolens waren die Steine der Uferböschung noch dicht mit Rasen von Sphaerotilus natans, untermischt mit Zoogloea ramigera, bekleidet. Von grünen Algen hatte sich hier schon Stigeoclonium tenue eingefunden, vielfach mit Bakterienkrusten bedeckt, daneben mit einzelnen Zickzackketten von Diatoma vulgare bewachsen. Die Fauna war durch zahlreiche Schnecken (Gulnaria [Limnaeus] ovata) mit Laich sowie durch Nephelis vulgaris vertreten.

Abwässer der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

Die Einwirkungen organischer fäulnisfähiger Abwässer (von Städten, Brauereien, Zellulose- und Zuckerfabriken usw.) auf die Fauna und Flora des Vorfluters sind biologisch sowohl positiv im Sinne einer einseitigen Steigerung der Entwicklung bestimmter „Abwasserorganismen" als auch negativ durch eine Verdrängung der normalen reines Wasser liebenden Tier- und Pflanzenwelt gekennzeichnet. Im Gegensatz hierzu lassen sich die Einwirkungen der nicht fäulnisfähigen, meist anorganischen Abwässer, wie sie aus chemischen Betrieben von der Art der Badischen Anilin- und Sodafabrik stammen, biologisch nur negativ und zwar durch die mehr oder weniger weitgehende Vernichtung der normalen Lebewelt des Vorfluters charakterisieren.

Ich unterscheide demgemäß unterhalb der Mündung derartiger Abwässer zunächst eine azoische Zone, in welcher alles tierische Leben völlig ausgetilgt ist. Die Erstreckung dieser Zone gestattet unter Berücksichtigung der Wasserführung des Vorfluters einen Rückschluß auf die Quantität, Konzentration sowie vor allem auf die Giftwirkung der Abwässer. Nach einer längeren oder kürzeren Entfernung beginnen auch hier wieder Tiere zu erscheinen, anfangs nur besonders resistente Formen, welche auch hochkonzentrierte organische Abwässer ertragen, bis sich schließlich wieder der durch die physische Konfiguration des Ufers bedingte Bestand der normalen Fauna und Flora zusammenfindet. Hier wäre dann die untere Grenze der an die azoische sich anschließenden „Verödungszone„, wie ich sie nenne, erreicht und damit auch die Grenze der direkten Einwirkung der betreffenden Abwässer überhaupt.

Theoretisch dürfte gegen diesen Versuch, die biologische Methode auch auf die Beurteilung der nicht fäulnisfähigen Abwässer chemischer Fabriken usw. auszudehnen, meines Erachtens kaum etwas einzuwenden sein[1]). In praktischer Beziehung ist die Feststellung der azoischen Zone, einen halbwegs günstigen Wasserstand vorausgesetzt, wohl stets leicht durchzuführen, besonders wenn man Vertreter der gröberen Fauna wie Schnecken, Gammarus, Asellus, Nephelis usw. als Indikatoren verwendet. Etwas

[1]) C. Mez hebt in seinem bekannten Werke: Mikroskopische Wasseranalyse (1899) S. 310 allerdings in gesperrtem Drucke hervor: „Sobald es sich um die Untersuchung eines mit anorganischen Verbindungen verunreinigten Wassers handelt, hat die chemische Wasseranalyse den Alleinbesitz des Feldes." Wo zahlenmäßige Feststellungen in Frage kommen, wird es der biologischen Wasseranalyse gewiß nicht einfallen, der älteren Schwester das Feld streitig zu machen. Ich sehe aber nicht ein, warum wir uns die Fähigkeit der lebenden Organismen, auf die Einwirkungen chemischer Agenzien vielfach selbst bei minimalster Dosierung noch entsprechend zu reagieren, nicht auch in unserem Falle zunutze machen sollten.

schwieriger ist nur die Konstatierung des unteren Endes der Verödungszone, da diese sich oft sehr weit stromab hinzieht.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte habe ich auch bei den Abwässern der Badischen Anilin- und Sodafabrik, welche als förmliche Farbenbäche in den Rhein stürzen, vor allem die Erstreckung der azoischen Zone festzustellen versucht. Am 20. August 1906 betrug dieselbe bei einem Pegelstande von 360 cm 800 m: in dieser Entfernung vom letzten Abwasserdolen fand sich das erste lebende Exemplar einer Schnecke (Gulnaria ovata). Bei einer späteren Untersuchung am 15. Oktober 1906 war bei einem Pegelstande von 180 cm die erste Schnecke erst 1300 m unterhalb des letzten Fabrikablaufes zu konstatieren, da bei der geringeren Wasserführung des Stromes die Abwässer naturgemäß eine viel beträchtlichere Strecke bedurften, bis sie so weit verdünnt waren, daß Tiere darin zu leben vermochten.

Am 20. August 1906 erschien also die erste Schnecke 800 m unter dem letzten Abwasserdolen der Anilinfabrik. In 1 km Entfernung wurde Gulnaria etwas häufiger, auch Laich fand sich vor; dazu traten noch von Krustazeen Asellus aquaticus und von Würmern einzelne Exemplare von Nephelis vulgaris. Diese drei Tiere bildeten auf kilometerweite Erstreckung die einzigen Vertreter der gröberen Fauna bis gegen den Frankenthaler Kanal; von hier aus bis zur nächsten Verunreinigungsquelle, den Abwässern von Worms, blieb die Fauna immer noch sehr arm und erreichte an keiner Stelle auch nur im entferntesten die Üppigkeit, wie sie oberhalb Ludwigshafen an entsprechenden Stellen so oft zu beobachten ist. Viel reicher war das Tierleben an der gegenüberliegenden rechten Seite des Stromes von der Mündung des Neckars bis zur Mündung der Waldhofabwässer; vor allem an festsitzenden Formen wie Spongillen und Bryozoen. Es dürfte dieses seinen Grund nicht allein im Fehlen einer lebentötenden Abwasserquelle sondern auch in einer ergiebigen Nahrungszufuhr durch den Neckar haben.

Neckar bei Mannheim.

Der Neckar führte dieses Mal große Mengen eines braunen, sehr feinkrümeligen, organischen Detritus zu Tal, untermischt mit einzelnen Exemplaren von Synura uvella, Pandorina morum und Synchaeta tremula, die wohl an den Sporen oberhalb Mannheim eingeschwemmt wurden. Typische Rheinformen des Planktons, wie z. B. Tabellaria, Asterionella, Ceratium usw. fehlten oberhalb der Mündung des Verbindungskanales völlig. Dafür fanden sich noch eine Anzahl Bodenformen wie eine kleine Cyclotella, Arcella vulgaris und Cyphoderia margaritacea sowie die Rotatorien Brachionus urceolaris und Br. bakeri. Abwässerorganismen wurden im Plankton völlig vermißt.

Abwässer der Stadt Mannheim.

Bei dem gegenwärtigen Pegelstande sind die auf die Sohle des Stromes eingeleiteten Abwässer unterhalb ihrer Mündung durch große aufquellende braune Schmutzwolken zu erkennen, die natürlich überreich sind an den sattsam bekannten typischen Resten der Haus- und Fäkalabwässer. 800 m unterhalb der Mündung waren alle diese Reste noch sehr reichlich im Plankton vorhanden, darunter besonders Stärke-

zellen der Kartoffel, weiter Zoogloea ramigera sowie gelbe Muskelfasern. Letztere fanden sich sogar noch 2 km weiter abwärts vor. Der Planktonfang bei 800 m zeigte weiter, daß hier die rechte Stromseite noch völlig unter dem Einfluß des Neckars steht, wie sich einerseits aus der Seltenheit des Rheinplanktons, anderseits aus dem Vorkommen des für den Neckar charakteristischen braunen, krümeligen, organischen Detritus sowie der Rädertiere Brachionus urceolaris und Br. bakeri ergab.

Die Untersuchung der Stromsohle war bei dem herrschenden Wasserstande aus den früher bereits dargelegten Gründen sehr erschwert. Das Schleppnetz brachte unterhalb der Mündung gewaltige Mengen von Kies herauf, unter dem einige eingemengte größere Schlackenstücke einen dichten Besatz niederer Sphaerotilus-Räschen aufwiesen.

Abwässer der Waldhoffabriken.

Die sehr schaumreichen braunen Abwässer der Waldhoffabriken haben 1 m unterhalb ihrer Mündung in den Rhein eine Temperatur von 21° C., während der Rhein in entsprechender Entfernung oberhalb eine solche von 19° C. aufwies. Von der Mündung an sind alle Steine vollständig mit den dicken schlüpfrigen Polstern von Fusarium überkleidet, denen sich weiter abwärts mehr und mehr Sphaerotilus beigesellt. Zwischen den Pilzrasen finden sich ganz enorme Mengen von Bakterien und Zellulosefasern angehäuft. Wie früher im Mai sind auf der Sandbank bei km 264 auch dieses Mal große Bänke gelbbraun inkrustierter Sphaerotilus-Rasen angeschwemmt. Auch im freien Wasser des Stromes treiben entlang des rechten Ufers zahlreiche Flocken, aber doch lange nicht in der Zahl wie im Mai. Auf der Höhe der Mündung der Waldhofabwässer zeigte das Wasser im Querprofil des Rheins folgende, mit freiem Auge wahrnehmbare Färbungen und Verunreinigungen:

Linkes Ufer auf ca. 30 m grünlichbraun gefärbt (Anilinfabrik), Mitte grüngrau; rechtes Ufer ca. 5—10 m breite Streifen dunkelbraun mit treibenden Sphaerotilus-Flocken (Waldhofabwässer). Noch in der Gegend des Roxheimer Kandels, ca. 6 km weiter stromab, war das Wasser entlang des linken Ufers deutlich dunkler gefärbt; die Sphaerotilus-Flocken sind von dem rechten Ufer her bis etwa ein Drittel der Strombreite vorgedrungen. Die Sichttiefe betrug oberhalb des Welschen Lochs (Lampertheimer Altrhein) links 80 cm, in der Mitte 65 cm, rechts 65 cm.

Frankenthaler Kanal.

Der Spiegel des Kanals ist dicht mit Wasserlinsen (Lemna) bedeckt. Das Wasser erscheint im Vergleich zu früheren Untersuchungen reiner; es fehlen oberhalb der Schleuse dieses Mal vor allem die stinkenden Schlammfladen. Im freien Wasser ist die Tierwelt recht arm; nur einige Bodenformen (Euplotes patella, Vorticellen-Köpfe, Rotifer vulgaris, Pterodina patina, Brachionus urceolaris) wurden erbeutet.

IX. Rheinstrecke Worms-Oppenheim (21. August 1906).

Pegel bei Worms 95 cm, steigend.

Profil des Rheins oberhalb Worms.

Oberhalb der Brücke sowie auch oberhalb der Mündung des Abwässergrabens der Lederfabrik wurde am 20. August das biologische Profil aufgenommen. Dasselbe mußte sich lediglich auf Planktonproben beschränken, da aus der Tiefe des Rheins überall nichts als blanker Kies heraufbefördert wurde, und die Steine des Ufers bei dem steigenden Wasserstand keine Ausbeute gewährten.

Linkes Ufer. Sichttiefe 85 cm. Wasser noch etwas dunkler als in der Mitte. Viel Detritus, viele Zellulosefasern (doch weit weniger als in der Mitte), einzelne mikroskopische Sphaerotilus-Räschen. Von eigentlichen Planktonorganismen neben den typischen Rheinformen, die beim Profil Weisenau genauer aufgezählt werden sollen, einzelne Clathrocystis aeruginosa, Pediastrum simplex, Staurastrum gracile, Golenkinia botryoides, Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla, Brachionus pala — Organismen, die zum größten Teil wohl aus dem Roxheimer Altrhein eingeschwemmt sein dürften.

Mitte des Stromes. Sichttiefe 75 cm. Sehr viel organischer Detritus; einzelne treibende Sphaerotilus-Flocken. Mikroskopisch sehr viele Zellulosefasern, kleine Fusarium-Räschen; von Planktonorganismen neben den typischen Rheinformen einzelne Exemplare der Alge Chodatella longiseta.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 65 cm. Mehr treibende Sphaerotilus-Flocken als in der Mitte, aber nicht entfernt so viele als im Mai 1906. — Leider ist das Glas, welches das konservierte Planktonmaterial von dieser Stelle enthielt, beim Transport zerbrochen.

Eine besondere Erwähnung verdient bei diesem Profil die ganze regelmäßige Abnahme der Sichttiefe vom linken Ufer über die Mitte nach dem rechten Ufer zu, wie sie in den Zahlen 85—75—65 zum Ausdruck kommt. Vergegenwärtigen wir uns, daß die Sichttiefe im wesentlichen von der Dichte der im Wasser suspendierten kleinsten Körperchen — Detritus, Organismen — abhängig ist, so lehren uns die Zahlen auf das deutlichste, daß die so detritusreichen Abwässer von Mannheim und der Waldhoffabriken und wohl sicher auch die des Neckar noch bei Worms eine Trübung des Rheinwassers am rechten Ufer sowie in der Strommitte hervorzurufen imstande sind. Gleichzeitig ergibt sich, daß die detritusfreien Abwässer der Anilinfabrik das Wasser zwar sehr intensiv zu färben, aber kaum besonders zu trüben vermögen, wie aus der Sichttiefe 85 cm in dem deutlich noch etwas bräunlicherem Wasser am linken Ufer hervorgeht.

Abwässer der Lederfabrik oberhalb Worms.

Wie bisher bei allen Untersuchungen war auch dieses Mal das Wasser des Grabens stark gelbbraun gefärbt und der stinkende Schlamm am Boden reich an Haaren. Trotzdem scheint die Einwirkung dieser Abwässer auf den Rhein bei dem gegenwärtigen Pegelstande nur recht unbedeutend zu sein. Im Plankton unmittelbar bei der Mündung wurden vereinzelte Haare angetroffen, in 50 m Entfernung davon schon nicht mehr.

Städtische Abwässer von Worms.

Die Abwässer der Stadt Worms bilden dieses Mal eine ausgesprochen bordeauxfarbige trübe Brühe, die anfangs als Schmutzstreifen von etwa 5 m Breite abfließt, bis gegen die Brücke zu sich aber allmählich auf ca. 30 m verbreitet. Die Sichttiefe innerhalb des Streifens betrug 500 m unterhalb der Mündung 45 cm, in 1 km Entfernung 65 cm. Neben kleinen Sphaerotilus-Räschen, Schimmelpilzen, vielen Bakterien-Zoogloeen, Stärkezellen führten die Abwässer vor allem große Mengen von Haaren, blauen Woll- und Textilfasern mit sich sowie Farbstoffflitter von der nämlichen Farbe. Diese Reste fanden sich alle noch in 1 km Entfernung zahlreich im Plankton vor; Fäkalreste wurden, wie bisher, völlig vermißt.

Am Ufer war Sphaerotilus unmittelbar bei der Ausmündung anfangs etwas spärlich (Einwirkung von Fabrikabwässern?), nahm aber bald zu, so daß etwa 200 m abwärts die Steine dicht damit bedeckt waren. Bei 1 km Entfernung fanden sich nur noch kleine niedere Rasen.

Bei dem Versuche, zwischen der Wormser Brücke und Rheindürkheim am Grunde des Stromes nach Abwasserresten zu fahnden, blieb bei Kilometer 261,5 das große Schleppnetz an einem Hindernis hängen und ging verloren.

Abwässer der Strohstofffabrik Rheindürkheim.

An die Einmündung der gelben außerordentlich schaumreichen Abwässer dieser Fabrik schließt sich stromab eine azoische Strecke von etwa 200 m Länge an. In dieser Entfernung stellte sich die erste Gulnaria ovata sowie Nephelis vulgaris ein, denen sich bei 300 m noch Asellus aquaticus zugesellte. Am Ufer war Sphaerotilus über 300 m weit in Gestalt kleiner dichter Räschen direkt zu verfolgen.

Das Planktonnetz ergab hier außerordentliche Mengen mehr oder weniger isolierter Strohzellen, die von nun an in allen weiter abwärts gewonnenen Planktonproben erscheinen.

Profil des Rheins bei Gernsheim.

Da der Rhein unterhalb Gernsheim eine sehr scharfe Biegung macht, schien es von Interesse, oberhalb des Ortes noch einmal die Verteilung des suspendierten Materials im Querprofil des Stromes festzustellen.

Hierbei ergab sich:

Linkes Ufer. Sichttiefe 75 cm. Viel Detritus in grauer Farbe. Viele Strohzellen, blaue Textilfasern und Farbstoffflitter, zahlreiche Cladothrix-Räschen, Pflanzenreste, einzelne Kartoffelzellen.

Mitte des Stromes. Sichttiefe 85 cm. Strohzellen weniger zahlreich als links, Reste blauer Textilfasern, Zellulosefasern, ziemlich viel Cladothrix.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 70 cm. Zellulosefasern entschieden zahlreicher wie in der Mitte, Strohzellen einzeln, ebenso Tierhaare. Cladothrix-Räschen nicht selten. Das Plankton ist hier deutlich reicher als an den beiden anderen Stellen des Profils: neben den typischen Rheinformen (unter ihnen Anapus ovalis, Rattulus bicornis, Dreyssensia-Larven) noch Formen wie Chodatella longiseta, Scenedesmus quadricauda, Euglena viridis, Phacus pleuronectes, Brachionus pala.

Wie man sieht, ist die Sichttiefe hier am linken Ufer um 10 cm geringer als oberhalb Worms; wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir diese stärkere Trübung noch auf Rechnung der Abwässer von Worms und derjenigen der Strohstofffabrik bei Rheindürkheim setzen. Rechts hat die Sichttiefe gegenüber Worms nur um 5 cm zugenommen, sie ist also um nicht weniger als 15 cm geringer als in der Mitte des Stromes. Ich halte es für durchaus möglich, daß diese Trübung wie bei Worms noch von den Abwässern von Mannheim und der Waldhoffabriken sowie vom Neckar herrührt, um so mehr, als vielfältige Beobachtungen des Planktons und Pseudoplanktons mich erkennen ließen, daß sich die Abwässer und Zuflüsse im Strome viel länger und viel zäher an dem Ufer entlang ziehen, an dem sie einmünden, als man nach oberflächlicher Betrachtung wohl annehmen möchte. Dies gilt in erster Linie für große breitflutende Gewässer wie der Rhein, welche durch die Korrektion in möglichst geradelinige Stromschläuche umgewandelt wurden, in denen alle die Mischung fördernden Faktoren, wie starke Biegungen des Laufes, Hindernisse auf der Stromsohle usw. im Interesse der Schiffahrt nach Möglichkeit beseitigt wurden. Ich gedenke diesen Verhältnissen noch besondere Aufmerksamkeit zu widmen und begnüge mich darum hier mit diesen Andeutungen [1]).

Altrhein bei Stockstadt.

Eine Planktonprobe nahe der unteren Mündung dieses großen Altwassers ergab ein quantitativ ziemlich ärmliches Plankton, was seine Erklärung darin findet, daß der Altrhein mehr strömendes Wasser führt. Am zahlreichsten waren noch die Diatomeen, besonders Tabellaria fenestrata var. asterionelloides; weiter mehr einzeln Melosira tenuis und var. tenuissima, Synedra delicatissima, S. actinastroides, Fragilaria crotonensis, Asterionella gracillima, Attheya Zachariasi, Cyclotella melosiroides. Die Algen waren durch Dictyosphaerium pulchellum, Actinastrum Hantzschii, Chodatella longiseta, die Flagellaten durch Pandorina morum sowie Ceratium hirundinella vertreten. Äußerst spärlich waren die Tiere, vor allem die Rotatorien, von denen nur einzelne Synchaeta stylata, Brachionus pala und Anuraea cochlearis beobachtet wurden. Wie ein Vergleich mit den bei Worms und Gernsheim erwähnten Planktonorganismen dartut, handelt es sich hier hauptsächlich um Formen, welche aus dem strömenden Rhein eingespült wurden und die sich dann in den Buchten des Altwassers etwas lebhafter vermehrt hatten, als es in dem stärker strömenden Rhein sonst möglich ist.

X. Rheinstrecke Oppenheim-Mainz (22. August 1906).

Pegelstand bei Oppenheim 156 cm; Temperatur des Wassers 18° C., der Luft 17° C.

Hafen von Oppenheim.

Das Plankton des Hafens war in qualitativer und quantitativer Hinsicht so reich, daß die Sichttiefe in dem stagnierenden Wasser hier nur 60 cm (gegen 65 cm im strömenden detritusreichen offenen Strome!) betrug.

[1]) Dieses auffallend lange „Kleben" der Abwässer und Zuflüsse an ihrer Uferseite dürfte auch dartun, daß die Berechnungen über die Verdünnung, welche die Abwässer in einem Strome erleiden, vielfach nur theoretischen Wert besitzen, da hierbei wohl stets ohne weiteres die gesamte Wassermasse des Querprofils in Rechnung gesetzt wird.

Plankton des Oppenheimer Hafens.

Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
	Asterionella gracillima ziemlich häufig,
	Synedra delicatissima nicht selten,
	Synedra actinastroides einzeln,
	Fragilaria crotonensis nicht selten,
	Attheya Zachariasi sehr einzeln,
	Melosira tenuis sehr häufig,
	Melosira tenuis var. tenuissima[1]) sehr häufig,
	Stephanodiscus Hantzschianus einzeln,
	Cyclotella melosiroides einzeln,
	(Diatoma elongatum nicht selten).
Chlorophyceen:	Pediastrum Boryanum nicht selten,
	Pediastrum pertusum nicht selten,
	Dictyosphaerium pulchellum einzeln,
	Actinastrum Hantzschii einzeln,
	Golenkinia botryoides einzeln,
	Chodatella longiseta einzeln,
	Gloeotila spiralis nicht selten,
	Mougeotia spec. ziemlich häufig.
Heliozoen:	Acanthocystis lemani einzeln.
Flagellaten:	Dinobryon stipitatum } sehr häufig,
	Dinobryon angulatum } sehr häufig,
	Synura uvella nicht selten,
	Ceratium hirundinella nicht selten,
	Bicosoeca lacustris (auf Melosira) nicht selten,
	Peridinium quadridens nicht selten.
Infusorien:	Tintinnidium fluviatile (klein) einzeln,
	Epistylis lacustris nicht selten.
Rotatorien:	Asplanchna priodonta einzeln,
	Floscularia spec. einzeln,
	Triarthra longiseta einzeln,
	Polyarthra platyptera euryptera nicht selten,
	Mastigocerca capucina nicht selten,
	Anuraea cochlearis irregularis häufig,
	Anuraea cochlearis tecta häufig,
	Schizocerca diversicornis einzeln,
	Brachionus angularis einzeln.
Krustazeen:	Bosmina cornuta ziemlich häufig,
	Daphnella brachyura einzeln.

[1]) Vereinzelt auch in einer forma spiralis, bei welcher die Ketten in Spiralen (bis $2\frac{1}{2}$ Umgängen) gedreht waren. Dieselbe Form fand sich auch im freien Rhein bei Worms sowie im Altrhein Stockstadt.

Rhein bei Nierstein.

Die Böschung des linken Stromufers ist hier meist mit großen Brocken von Tertiärkalk beworfen, der bei Oppenheim gebrochen wird. Die löcherreiche, höckerige Oberfläche dieser Steine bietet der Fauna trefflich Schutz; kein Wunder, daß darum die Tierwelt so reich entwickelt ist. Am zahlreichsten der Individuenzahl nach ist die Schnecke Bythinia tentaculata, die in allen Altersstadien bisweilen zu Hunderten einen einzigen größeren Block besiedelte, dann Neritina fluviatilis, Gulnaria ovata, Gammarus fluviatilis, Nephelis vulgaris, Dendrocoelum lacteum, Planaria gonocephala. Von Insektenlarven Hydropsyche, Baëtis einzeln.

Altrhein bei Ginsheim.

Da sich schon früher zeigen ließ, daß der Altrhein von Ginsheim resp. der in denselben sich ergießende Schwarzbach imstande ist, bei entsprechendem Pegelstande die rechtsseitige Probeentnahmestelle des Profils von Weisenau zu beeinflussen, wurde er auch dieses Mal wieder in den Bereich der Untersuchung gezogen[1]. Es ergab sich hierbei als

Plankton des Altrheins Ginsheim.

Diatomeen:	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig,
	Synedra delicatissima ziemlich häufig,
	Fragilaria crotonensis ziemlich häufig,
	Asterionella gracillima häufig,
	Attheya Zachariasi einzeln,
	Melosira tenuis und var. tenuissima sehr häufig,
	Cyclotella bodanica einzeln.
Chlorophyceen:	Pediastrum boryanum ziemlich häufig,
	Pediastrum pertusum ziemlich häufig,
	Oocystis lacustris einzeln,
	Mougeotia spec. nicht selten.
Flagellaten:	Eudorina elegans nicht selten,
	Ceratium hirundinella ziemlich häufig.
Infusorien:	Codonella lacustris nicht selten.
Rotatorien:	Asplanchna priodonta nicht selten,
	Synchaeta grandis einzeln,
	Polyarthra platyptera euryptera ziemlich häufig,
	Pompholyx sulcata einzeln,
	Anuraea aculeata nicht selten,
	Anuraea cochlearis nicht selten.

[1] Auch die etwas oberhalb im offenen Strome gelegenen Schiffsmühlen wurden kurz besucht. Der Besatz von Bangia atropurpurea war noch spärlicher als im Mai. Von botanischem Interesse war das Vorkommen einer eigenartigen Cyanophycee, die an die Gattung Ammatoidea West erinnerte.

Krustazeen: Daphnella brachyura nicht selten,
Hyalodaphnia cucullata mit var. kahlbergensis nicht selten,
Bosmina cornuta ziemlich häufig,
Ceriodaphnia spec. nicht selten,
Cyclops spec. ziemlich häufig.

Mollusken: Dreyssensia-Larven einzeln.

Eine tiefer greifende biologische Beeinflussung des Profils bei Weisenau durch den Altrhein ist dieses Mal kaum zu konstatieren, vor allem wohl, weil jetzt im Sommer die treibenden Oscillarien- und Diatomeenfladen, welche im Frühjahr aus den Altwässern in den offenen Strom treiben (vergl. Mai 1906), fehlen.

Biologisches Profil des Rheins bei Weisenau.

Das als Abschluß meiner Untersuchungen aufgenommene Profil des Rheins bei Weisenau mußte sich wie bei Worms auf Bestimmung des im freien Wasser des Stroms suspendierten Planktons und Pseudoplanktons beschränken, da an der Probeentnahmestelle die Sohle des Stromes gleichmäßig mit völlig azoischem Kies und grobem Sande bedeckt war.

Der Rückstand im Planktonnetz war recht beträchtlich: viel mineralischer und organischer Detritus aller Art. Von Abwasserresten ergaben sich:

Linkes Ufer. Sichttiefe 70 cm. Strohzellen, blaue Textilfasern, Haare, ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel, ziemlich viele Zellulosefasern. — Räschen von Cladothrix.

Strommitte. Sichttiefe 65 cm. Strohzellen, blaue Textilfasern, Zellulosefasern, ein Exemplar von Zoogloea ramigera. — Cladothrix-Rasen.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 70 cm. Entschieden am reichsten an Pseudoplankton! Strohzellen einzeln, Haare, Pflanzenreste, ausgelaugte Stärkezellen, viele Zellusosefasern. — Cladothrix-Rasen.

Wie man sieht, besteht zwischen den einzelnen Probestellen des Profils kaum ein besonderer Unterschied; was von den weiter oben eingeführten Abwasserresten noch vorhanden ist, erscheint hier ziemlich gleichmäßig über die ganze Breite des Stromes verteilt. Dasselbe gilt auch von den Organismen des Planktons; ein einseitiges Vorkommen einzelner Formen in den Fängen nahe den beiden Ufern dürfte seine Erklärung wohl darin finden, daß die betreffenden Organismen aus Altwässern (Stockstadt, Ginsheim) oder Häfen (Oppenheim) oberhalb eingeschwemmt wurden. Ich darf darum wohl auch im allgemeinen die Ergebnisse der drei Fänge zusammen abhandeln.

Plankton des Rheins bei Weisenau.

Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig,
Asterionella gracillima ziemlich häufig,
Fragilaria crotonensis ziemlich häufig,
Synedra delicatissima nicht selten,
Melosira tenuis und var. nicht selten,
Cyclotella bodanica einzeln,
Stephanodiscus astraea sehr einzeln,
St. Hantzschianus var. pusilla sehr einzeln,
Diatoma elongatum einzeln.

Chlorophyceen: Pediastrum pertusum einzeln,
Pediastrum boryanum einzeln,
Dictyosphaerium pulchellum sehr einzeln,
Golenkinia botryoides einzeln,
Actinastrum Hantzschii einzeln,
Chodatella longiseta sehr einzeln,
Mougeotia spec. einzeln,
Staurastrum gracile einzeln.

Flagellaten: Eudorina elegans einzeln,
Gonium pectorale sehr einzeln (rechts),
Dinobryon sertularia einzeln,
Dinobryon angulatum sehr einzeln,
Synura uvella einzeln,
Ceratium hirundinella nicht selten,
Peridinium quadridens einzeln,
Peridinium cinctum sehr einzeln,
Peridinium maeandricum sehr einzeln.

Rotatorien: Synchaeta tremula sehr einzeln,
Anapus ovalis sehr einzeln,
Hudsonella pygmaea sehr einzeln,
Pompholyx sulcata sehr einzeln (rechts),
Brachionus pala sehr einzeln,
Anuraea cochlearis sehr einzeln,
Anuraea cochlearis irregularis sehr einzeln,
Anuraea cochlearis tecta sehr einzeln,
Notholca longispina sehr einzeln.

Mollusken: Dreyssensia polymorpha-Larven sehr einzeln.

Bericht über die Ergebnisse der dritten vom 15. bis zum 22. August 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.

Von

Professor **Dr. Marsson**

Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

I. Rhein: Profil Weisenau.

Die Strecke Oppenheim-Weisenau wurde diesmal von den beiden biologischen Sachverständigen Professor Dr. Lauterborn und Professor Dr. Marsson erst nach Beendigung der beiderseitigen Untersuchungen am 22. August 1906 gemeinschaftlich befahren.

A. Linke Flußseite: Sichttiefe 70 cm. Temperatur des Wassers 20,1° bei 18,3° Lufttemperatur. Reaktion nach 5 Minuten langer Einwirkung auf Lakmus: deutlich alkalisch.

a) Plankton: Es wurden bei der vom 15. bis zum 22. August stattfindenden Untersuchung des für die Jahreszeit typischen Rheinplanktons keine wesentlichen Unterschiede in der Zusammensetzung desselben auf der Strecke Weisenau-Niederwerth festgestellt; es sei deshalb hier von vornherein eine Aufzählung der für Mitte August charakteristischen Schwebeorganismen gegeben, um bei den an den verschiedenen durch den Berichterstatter untersuchten Stellen zu dieser Zeit sich wiederfindenden Organismen die Wiederholung in der Aufführung der Spezies zu vermeiden. Sehr viel mineralischer Detritus zum großen Teil aus Calciumkarbonat bestehend, ist im Plankton stets überwiegend. Von Planktonten tritt vorwiegend Tabellaria fenestrata forma asterionelloides auf, auch Fragilaria crotonensis ist häufig, Fragilaria capucina nur einzeln; ferner sind nicht selten Synedra ulna var. longissima, Synedra delicatissima var. angustissima, Synedra ulna var. splendens, Synedra actinastroides, Melosira granulata var. procera mit forma tenerrima, Melosira granulata var. tenuis, Melosira crenulata var. ambigua, Melosira italica var. tenuis und tenuissima, Asterionella gracillima in 4- und 8-strahligen Sternen; mehr einzeln Diatoma elongatum, Cyclotella comta und meneghiniana sowie Stephanodiscus astraea; Dinobryon cylindricum var. divergens, Din. protuberans und Dinobryon sociale; Ceratium hirundinella sowohl mit lang als auch mit kurz ausgebildeten Hörnern, Peridinium tabulatum, mehr einzeln Peridinium cinctum, quadridens

und berolinum; Eudorina elegans und Pandorina morum, beide ziemlich gleichmäßig in den meisten Fängen vorhanden, mehr einzeln Botryococcus brauni, Pediastrum boryanum mit den Varietäten genuinum, brevicorne und auch longicorne, Pediastrum duplex var. clathratum und reticulatum; neben einzelnen Scenedesmen (quadricauda, obliquus und acuminatus) kommen von Pleurococcaceen im August noch vor, doch nicht überall zugleich: Oocystis marssoni und lacustris, Dictyosphaerium pulchellum, Golenkinia radiata und botryoides, Schroederia setigera, Tetracoccus botryoides, Actinastrum hantzschi mit var. fluviatilis sowie Chodatella longiseta. In fast allen Augustfängen ist auch Staurastrum paradoxum und polymorphum vertreten, seltener gracile. Schizophyceen sind im August selten, dann und wann finden sich Bündel von Aphanizomenon flos aquae, einzeln Oscillatoria agardhi, noch mehr einzeln Oscillatoria rubescens, auch Clathrocystis aeruginosa ist selten, oft schon im zersetzten Zustande, ebenso Coelosphaerium kützingianum, etwas häufiger Gomphosphaeria lacustris; einzeln kommt zerstreut vor Lyngbya limnetica. Von Protozoen ist in den meisten Fängen Arcella vulgaris zu finden, weniger Difflugia, von letzterer Gattung meist die Art pyriformis, zuweilen auch hydrostatica. Im Plankton des reineren Rheinwassers kommen im August ciliate Infusorien und farblose Flagellaten sehr selten vor. Von Rotatorien sind stets zu finden Anuraea cochlearis mit ihren Varietäten, zahlreicher noch Brachionen, von denen wieder Brachionus pala var. amphiceros überwiegt mit Brachionus angularis, seltener rhenanus, ebenso Asplanchna priodonta, auch Polyarthra platyptera und Triarthra longiseta sind häufig, besonders die erstere, ferner Synchaeta pectinata und tremula, mehr einzeln Notholca longispina und Mastigocerca capucina, noch seltener Pompholyx sulcata. Von Krustazeen überwiegen wie auch zu den andern Jahreszeiten die Entwickelungszustände von Cyclopsarten, welche im ausgewachsenen Zustande viel seltener sind, noch seltener Diaptomus, dagegen verhältnismäßig häufig Bosmina cornuta-longirostris, ganz einzeln Bosmina coregoni; Diaphanosoma brachyurum tritt erst weiter unterhalb, aus den Häfen und toten Armen zugeschwemmt, häufiger auf, meist in Jugendformen; ferner kommen die Larven der Wandermuschel Dreissensia polymorpha zur Beobachtung.

Neben allen diesen für die betreffende Jahreszeit typischen Rheinplanktonten werden auf der linken Seite im Weisenauer Profil vom Wasserpilz Sphaerotilus natans nur spärliche Flocken aufgefunden.

b) Flußboden: Beim ersten 20 m langen Dretschezug nichts gehoben, beim zweiten nur wenig Abfall und ein Trieb von Lemna trisulca.

B. Strommitte, Sichttiefe 65 cm.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton wie A, daneben noch Nitzschia acicularis und Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, einzeln Synura uvella und Schalen von Synedra ulna, Cymbella lanceolata und Surirellen, lebend noch Surirella ovalis var. angusta, Melorisa varians, Diatoma vulgare, Synedra ulna var. splendens und Nitzschia linearis.

b) Flußboden: Einiger Abfall und mehrere größere Sphaerotilusflocken in Zersetzung begriffen.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 70 cm.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton wie A, doch mehr Sphaerotilus, auch an vegetabilischem Detritus wachsend, Zellulosefasern sind im Plankton der rechten Flußseite ziemlich häufig sowie Oscillatorienbruchstücke, auch treiben hier mit dem Rheinwasser Eier von Chironomiden sowie Bodenformen von Kieselalgen wie in B.

b) Flußboden: Nichts gedretscht.

Im August[1]), also in der wärmeren Jahreszeit bei einer während der Untersuchung durchschnittlichen Wassertemperatur von 20° C, führt der Rhein eine große Menge von Vertretern des pflanzlichen Limno- und Potamoplanktons mit sich, sowohl an Arten- als auch an Individuenzahl. Neben den noch immer recht zahlreich vorkommenden planktonischen Kieselalgen treten besonders grüne Algen auf und zwar freischwebende Formen. Die blaugrünen Arten der limnetischen Flora sind auffallender Weise nicht häufig auf der Strecke Weisenau bis Koblenz; vielleicht war das Maximum der Wasserblüte, welches in der Regel in den Monat Juli bis gegen Mitte August fällt, schon vorüber, und wurde solches Material aus den Schweizer Seen und den Altrheinen nur noch in einzelnen Vertretern vom Rheinstrome mitgeführt. Auch die gelben Flagellaten kamen nur einzeln vor.

Die Vertreter der Mikrofauna, namentlich die Rotatorien, bleiben in ihrer Individuenzahl ziemlich gleich den Befunden der früheren Untersuchungen, nur einzelne Gattungen, namentlich die Brachionen, wechseln in ihrer Menge je nach den weiter unterhalb auf der rechten Rheinseite zuströmenden Abwässern. Im August sind auch die freischwimmenden jungen Larven der Wandermuschel Dreissensia polymorpha durchaus nicht selten, während dieselben nach mehrjährigen Feststellungen des Berichterstatters beispielsweise in der Spree und den verschiedenen mit ihr in Verbinduug stehenden Seen während des Monats Mai am häufigsten auftraten, im Spätsommer dagegen im Plankton verschwunden waren.

Was nun im besonderen das Profil Weisenau betrifft, so zeigt das Plankton der linken Flußseite eine etwas andere Beschaffenheit als das der rechten; während der Pilz Sphaerotilus natans auf der linken Seite nur selten vorkommt, ist er auf der rechten häufiger, sogar am Detritus; ebenso finden sich hier Zellulosefasern. Durch diese Befunde scheinen sich die am rechten Ufer bei Waldhoff zugeflossenen Zellulosefabrikabwässer bei Weisenau noch kenntlich zu machen.

II. Profil Mainz.

Mainzer Pegel am 15. August = 1,36. Wassertemperatur 9 Uhr morgens 25° bei 21° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 61.

Plankton: Typisches Rheinplankton wie bei Weisenau charakterisiert durch viel mineralischen Detritus, auch organischer Detritus ist häufig, sonst noch Uroglena volvox und Ceratium cornutum, Sphaerotilus natans in mikroskopisch kleinen Flöckchen. In einer gegen Mittag gefischten Probe findet sich noch Coleps hirtus sowie Synura

[1]) Die früheren biologischen Untersuchungen des Rheins fanden statt im Oktober 1905 und Mai 1906.

uvella in großen Kolonien. Neben in lebhafter Bewegung befindlichen Rotatorien kommen auch abgestorbene Arten vor wie Notholca longispina und Hudsonella pygmaea (Gastropus stylifer), gleichfalls tote Nauplien; einzeln lebend vorhanden ist noch Rotifer vulgaris.

B. Strommitte. Sichttiefe 65.

Plankton: wie an der linken Seite, auch Coleps hirtus, ferner einzeln Chlamydomonas. Cyclops ist hier häufiger, auch Weibchen mit Eierpaketen; unter den Brachionen auch Brachionus rhenanus, Triarthra longiseta ist nicht selten.

C. Rechte Flußseite bei Castel. Sichttiefe 60.

Organismen wie in der Strommitte, neben Coleps kommt auch Paramaecium caudatum vor. Unter den Rotatorien überwiegen stark die Brachionen, häufig ist auch Triarthra longiseta, mehr einzeln Notholca longispina, Rotifer vulgaris und Actinurus neptunius; ferner finden sich nicht selten blaue Farbschollen.

III. Stille Buchten bei Mainz.

1. Winterhafen oberhalb Mainz. Sichttiefe 69.

Plankton: Überwiegend ist Eudorina elegans neben sehr viel Tabellaria fenestrata asterionelloides, auch Fragilaria crotonensis und schlanke Synedren sind häufig, neben Synedra ulna var. longissima und Synedra delicatissima var. angustissima auch Synedra actinastroides mit var. opoliensis, welche Berichterstatter an keiner anderen Stelle Deutschlands so häufig vorfand als hier; Asterionella tritt dagegen zurück; von Diatomaceen kommen noch einzeln vor: Diatoma elongatum, Cyclotella comta, Melosira italica var. tenuis und tenuissima, Melosira granulata var. procera, Melosira varians, Nitzschia acicularis, Attheya zachariasi nicht selten und einzelne Bodenformen wie Nitzschia palea u. a. Von Algen ist ferner nicht selten Uroglena volvox, etwas mehr einzeln Gonium pectorale, Pandorina, Synura uvella, Dynobryon sociale, Ceratium hirundinella, Peridinium tabulatum, cinctum und berolinienseе, Peridiniopsis westi Lemmerm., Glenodinium penardi, Trachelomonas volvocina und hispida mit var. punctata, Phacus setosus, Colacium vesiculosum mit var. natans, Lepocinclis ovum var. palatinum, Cryptomonas erosa, Euglena viridis und oxyuris ganz einzeln, Scenedesmus quadricauda und bijugatus, Pediastrum duplex var. clathratum und Pediastrum simplex, Actinastrum hantzschi var. fluviatilis, Dictyosphaerium pulchellum, Staurastrum polymorphum, Cosmarium phaseolus und Oscillatoria agardhi. Von Protozoen finden sich einzelne Vorticellen und Bicoeca lacustris, häufiger Tintinnidium fluviatile, ganz einzeln Cryptodifflugia oviformis und Microgromia spec. (20 μ). Rotatorien treten gegen die Algen ganz zurück, nur Anuraea cochlearis mit tecta treten etwas mehr in die Erscheinung; ganz einzeln: Asplanchna priodonta, Triarthra longiseta, Synchaeta pectinata, Brachionus amphiceros und Polyarthra platyptera; ganz scheinen die Krustazeen zu fehlen, von denen nur einzelne Panzer von Cyclops und Bosmina aufzufinden sind.

Das Verhältnis der Mikrofauna zur Mikroflora hat sich im Gegensatz zu den Resultaten der Maiuntersuchung gänzlich verschoben. Während im Mai die Rotatorien, besonders die Arten Asplanchna priodonta und Anuraea cochlearis, freilich neben

Uroglena volvox, im Winterhafen dominierten, sind sie jetzt nur ganz einzeln aufzufinden, während die Kieselalgen sowie die grünen Planktonalgen stark überwiegen. Die Sichttiefe beträgt jetzt 69 cm, während sie im Mai $1^1/_2$ m betrug.

2. Gustavsburger Hafen, rechte Rheinseite oberhalb Mainzufluß.

A. Hafen selbst.

Plankton im stillen Wasser: Wenig mineralischer Detritus, mehr organischer undefinierbarer, auch Holzfasern. Von Planktonten überwiegen die kieselschaligen Algen, ganz besonders Tabellaria fenestrata sowohl in Stern- als auch in Kettenform, auch Fragilaria crotonensis ist häufig, weniger Fragilaria capucina, ferner Asterionella gracillima und formosa, Melosira italica var. tenuis und tenuissima, Synedra actinastroides mit var. opoliensis, Synedra longissima und delicatissima, Diatoma elongatum in Ketten, Nitzschia acicularis, Cymatopleura solea, einzeln Nitzschia sigmoidea; von Geißelalgen Dinobryon sociale und cylindricum, Synura uvella, Uroglena volvox, Eudorina elegans und Pandorina morum; von Peridineen: Ceratium hirundinella nicht selten, einzeln Glenodinium penardi; von Pleurococcaceen: Schroederia setigera, Chodatella longiseta, Oocystis lacustris, Dictoysphaerium pulchellum, Golenkinia radiata und botryoides, Rhaphidium polymorphum, Scenedesmus quadricauda, Tetracoccus botryoides, auch einzelne Pediastren; von blaugrünen Algen: Oscillatoria agardhi, Anabaena macrospora und einzelne Trichoma von Aphanizomenon flos aquae; von Protozoen einzelne schwärmende Vorticellen und Lionotus lamella, sowie große Arcellen, einzeln Tintinnidium fluviatile und Codonella lacustris; von Rotatorien: Asplanchna priodonta, Notholca longispina, Triarthra longiseta, Anuraea cochlearis mit tecta, Polyarthra platyptera, Brachionus amphiceros, Synchaeta tremula und grandis, aber alle nur einzeln; von Krustazeen: Nauplienformen nicht selten, seltener Cyclops, Bosmina cornuta-longirostris und Diaphanosoma brachyurum; ferner kommen noch Larven von Dreissensien, von Perliden und von Chironomiden vor.

B. Rheinarm zwischen der Bleiaue und dem Leitwerk, welches noch nicht ganz vom Strome überflutet ist; ein Zufluß von oben her findet dagegen nicht statt. Sichttiefe 78. Das Plankton ist hier ebenso reich wie im Hafen, in wenigen Zügen mit dem kleinen Netze ungefähr 20 ccm mit wenig mineralischem Detritus:

Dieselben Organismen wie im Hafen, jedoch keine Uroglena volvox, dagegen viel mehr Synura uvella und Larven von Dreissensia polymorpha, sowie Ceratium hirundinella und auch cornutum; ferner kommen hier noch vor Bündel von Aphanizomenon flos aquae, Cladophora-, Spirogyra- und Sphaerozosmafäden sowie Chantransiafragmente, von Diatomaceen neben den oben erwähnten Arten noch Cyclotella comta, Stephanodiscus hantzschi und astraea und Melosira varians; Nauplienformen sind noch häufiger als im Hafen und besetzt mit Colacium vesiculosum, ferner neben Bosminen und Diaphanosoma noch Hyolodaphnia cucullata.

3. Casteler Lache. Sichttiefe 52.

Plankton: Hier dominiert das Rädertier Triarthra longiseta mit Eudorina und Pandorina; von anderen Rotatorien sind häufig: Polyarthra platyptera, Asplanchna priodonta, Brachionus amphiceros und angularis, Anuraea cochlearis mit tecta, Synchaeta pectinata und tremula sowie deren behaarte freischwimmende Eier, ebenso

weisen auch die anderen Arten eine reiche Eierproduktion auf, namentlich Triarthra. Von Algen sind neben der überwiegenden Eudorina und Pandorina noch häufig Scenedesmus quadricauda und obliquus sowie Selenastrum acuminutum und Gonium angulatum; Synura uvella und Uroglena volvox nur einzeln, ebenso Pediastrum duplex uud boryanum, Rhaphidium, Sphaerocystis, Dictyosphaerium und die anderen oben aufgeführten Pleurococcaceen; von Schizophyceen: Oscillatoria agardhi. Lyngbia limnetica und auch Oscillatoria tenuis, von Euglenen finden sich Euglena viridis und besonders Euglena acus, einzeln Euglena oxyuris, ferner noch Cryptomonas erosa, Phacotus lenticularis; von Diatomaceen überwiegt Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, nicht selten sind Nitzschia acicularis, Synedra actinastroides und Melosira varians, einzeln die schlanken Synedren und die dünnfädigen Melosiren; Tabellarien, Fragilarien und Asterionellen fehlen fast ganz. Von Protozoen: Acella vulgaris, einzelne Vorticellen und Acineta grandis; von Krustazeen wenig Nauplien und einzeln Cyclops, ferner kommen noch Flimmerlarven von Spongillen vor.

Auch in den an der rechten Rheinseite belegenen stillen Buchten sind die freischwebenden Organismen zu einer starken Entfaltung gekommen; im Gebiete des Gustavsburger Hafens dominieren noch mehr wie im Winterhafen die Diatomaceen, während in beiden Buchten die Rotatorien zurücktreten. Die Krustazeen kommen dagegen im Gustavsburger Gebiet mehr zur Entwickelung, besonders nach der Bleiaue zu.

Ganz anders verhält sich auf derselben Rheinseite gelegen aber durch Mainwasser beeinflußt die Casteler Lache. In dieser überwiegen neben gewissen Volvocaceen die Rotatorien und unter diesen wieder solche Arten, welchen eine Verunreinigung mit organischer Substanz mehr willkommen ist, als den anderen planktonischen Arten. Es sind dies besonders die Art Triarthra longiseta und die Brachionen. Die erstere macht einen Hauptbestandteil des Planktons in der Casteler Lache aus, ähnlich wie sie Berichterstatter neben zahlreichen Euglenen in verkoteten Dorfteichen gefunden hatte; auch die Brachionen vermehren sich nach ähnlichen häufig gemachten Erfahrungen dort stark, wo Zuflüsse von städtischen Abwässern statthaben[1]). In die Casteler Lache fließen nach Angabe schlechte Abwässer aus dem Orte Kostheim; diese Angabe wird umso wahrscheinlicher, als auch drei saprobe Euglena-Arten nicht selten sind, ferner Oscillatoria tenuis, die Scenedesmen in ihrer Vielzahl, gewisse Diatomaceenarten, die in ihrer Menge für bereits mineralisierte organische stickstoffhaltige Substanz typisch sind (Melosira varians, Nitzschia acicularis und Stephanodiscus hantzschi) und von Vertretern der Fauna: Vorticellen und Acineta grandis sowie vielleicht noch Flimmerlarven von Spongillen, da gewisse Arten der Süßwasserschwämme im Sielwassergebiet unserer Flüsse zur starken Vermehrung gelangen, wie vom Berichterstatter besonders in der Spree festgestellt ist.

Die abweichende Beschaffenheit der Casteler Lache im Vergleich zum Winterhafen und zum Gustavsburger Hafengebiet in der Menge der einzelnen Organismen-

[1]) Vergl. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung pp. Heft 4, Berlin 1904. Marsson: Die Abwasserflora- und Fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer. S. 158.

gruppen zur gleichen Jahreszeit muß wohl in den Verunreinigungen der Casteler Lache (sowohl durch aus Kostheim zufließende Abwässer als auch durch bei Hochwasser zugetretenes schlechtes Mainwasser) ihre Erklärung finden, also in anderen und besseren Ernährungsbedingungen für die Fauna.

Was die Verunreinigung selbst anbetrifft, so ist dieselbe zur Zeit, nach dem Vorkommen gewisser Organismen sowie ihrer Menge nach, als eine nur geringe zu bezeichnen.

IV. Main.

11½ Uhr bei Regen 21,3° Wassertemperatur und 18° Lufttemperatur.

Sichttiefe bei Kostheim 47, Farbe des Mainwassers rötlichbraun, Geruch schwach benzolähnlich, gleichfalls schwach nach Schwefelwasserstoff; bei der Eimerprobe kommen diese Gerüche noch deutlicher zur Wahrnehmung, es tritt beim Bewegen des Wassers auch noch ein eigentümlicher kresseartiger Geruch auf. Auch das gleich nach dem Fange im Plankton sich schnell bildende Sediment weist im frischen Zustande einen eigentümlichen scharfen Geruch auf und ergibt mit Salzsäure übergossen eine sofortige Schwärzung des Bleipapiers.

Von Kostheim aus zum Rhein gesehen ist der Unterschied in der Farbe der Flüsse ein krasser; während der Main auf der ganzen Strecke eine bräunliche Färbung besitzt, tritt beim Rhein an den nicht bespiegelten Stellen die blaugrünliche Farbe deutlich in die Erscheinung. Der Unterschied bleibt auch bei der späteren Rheinbefahrung noch ein prägnanter, zumal beim herrschenden Westwind das Mainwasser sich auf der rechten Flußseite länger hält.

1. Main unterhalb der Schleuse, oberhalb des Kostheimer Hafens.

Plankton: Sehr viel Detritus verschiedenster Art, auch viel rote und blaue Farbschollen, um 12 Uhr vorwiegend die letzteren; Sphaerotilus natans mehr einzeln in kleineren Flocken, auch im Detritus ist Sphaerotilus nicht selten. Von lebenden Organismen überwiegt Brachionus amphiceros und Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, ferner ist Pandorina morum reichlich vertreten, seltener Eudorina. Junge Scenedesmen sind sehr häufig, von älteren Individuen die Arten obliquus, quadricauda und opoliensis, einzeln Selenastrum acuminatum, Pediastrum boryanum und duplex var. clathratum, Pediastrum constrictum, Richteriella botryoides, Dictyosphaerium pulchellum, Rhaphidium polymorphum, Actinastrum hantzschi var. fluviatile, Gonium pectorale, Chlamydomonas monadina und pertyi, Euglena oxyuris und acus, Cryptomonas erosa, Closterium acerosum, Synura uvella und Dactylococcopsis rhaphidioides. Von Kieselalgen tritt neben der oben erwähnten Art auch Stephanodiscus astraea auf, sowie Synedra actinastroides mit var. opoliensis, letztere recht häufig, mehr einzeln Melosira varians und granulata forma procera, Nitzschia acicularis, sigmoidea und linearis, Cymbella lanceolotum, Fragilaria crotonensis u. a. Bemerkenswert ist das häufige Vorkommen von Monaden (Monas- und Bodoarten), von den Arcellen sind viele schwarz durch Schwefeleisen gefärbt. Von Rotatorien finden sich Anuraea cochlearis mit tecta, Triarthra longiseta, Brachionus amphiceros, urceolaris, angularis und militaris, Asplanchna priodonta und Rotifer vulgaris, von Krustazeen Nauplien

nicht selten, Cyclops lebend und abgestorben. Im Mainwasser treiben ferner Nematoden (darunter Dorylaimus stagnalis), Eier von Chironomiden und Nadeln von Süßwasserschwämmen.

2. Kostheimer Schleuse.

A. Schleusenkammer, Plankton: Organismen wie aufgeführt, doch mehr Melosiren sowie Brachionen und deren Eier, besonders die Art amphiceros, häufig sind gleichfalls Pandorina, Stephanodiscus hantzschi und Synedra actinastroides, ferner sind bemerkenswert Euglena viridis und oxyuris, gleichfalls acus, Stentor coeruleus, Anthophysastiele, Actinurus neptunius, Rotifer vulgaris und tardus. Die Melosieren sind häufig mit Bikosoeca besetzt; schließlich finden sich noch Synedra delicatissima und Cyclotella melosiroides, wohl durch Schiffe aus dem Rheine eingeschleppt.

B. Gezogene Nadeln der Schleuse.

a) Vorderseite: Sehr viele junge Chironomidenlarven in Hüllen, auch ältere Individuen, junge Larven von Hydropsyche nicht selten, hängende teils zersetzte Flocken von Sphaerotilus natans. Im Detritus: Nematoden, Aelosoma quaternarium, junge Tubificiden und Chironomidenlarven zwischen Sphaerotilus.

b) Nebenseiten: Massenhaft junge Egel (Nephelis vulgaris), welche junge Chironomidenlarven fressen. Asellus aquaticus, junge Gulnaria auricularia nicht selten, Flocken von Sphaerotilus und Cladophora.

c) Rückseite hinter der Zuströmung: Nur wenig Larvenhüllen von Chironomiden und Hydropsyche, hier und da schwarzer Besatz von Schwefeleisen.

3. Main unterhalb der Kostheimer Zellulosefabrik.

a) Plankton: Dieselben Organismen wie oben aufgeführt, jedoch sehr viel Zellulosefasern, ferner ist Rotifer hier häufig sowie einzeln Didinium nasutum.

b) Flußboden: Schwach stinkender Schlamm mit Geruch nach schwefliger Säure; im gesiebten Schlamm finden sich trotzdem noch einige lebende Muscheln (Sphaerium).

Der Main zeigt dieselbe Verschmutzung, wie sie bei den früheren Untersuchungen festgestellt wurde: Effluvien aus den am Main gelegenen Farbwerken, in Lösung sowohl auch als auch in Substanz treibend (Farbschollen), ferner Schwefelverbindungen, hervorgegangen durch Lösung von elementarem Schwefel (aus Zellulosefabriken) im kalkalkalischen Schlamm sowie durch Umsetzung von viel Gips (aus Farbwerken und chemischen Fabriken) im Faulschlamm und durch andere Reduktionsprozesse. Pilzbildungen (Sphaerotilus natans) im Plankton sowie in größeren Flocken an den Nadeln des Wehrs deuten noch an der Mainmündung auf das Vorhandensein von fäulnisfähiger und faulender in Lösung befindlicher organischer Substanz hin; saprobe Algen und Protozoen (Euglenen, Monaden, Stentor coeruleus u. a.) sowie Würmer (Nematoden und Aelosoma), Rädertiere (Rotifer, Actinurus, Brachionen in größeren Mengen), gewisse Diatomaceen, und sehr viele junge Scenedesmen liefern dafür weitere Beweise. Die aus dem Main in den Rhein gelangenden Zellulosefasern stammen zur Zeit ausschließlich aus der Kostheimer Zellulosefabrik.

V. Abflüsse der Stadt Mainz.

Den 16. August 8 Uhr morgens 20,4° Wassertemperatur bei 18,3° Lufttemperatur; bewölkt; Mainzer Pegel 1,32.

1. Siel unterhalb der Straßenbrücke und oberhalb des Zollhafens.

a) Flußboden: Küchen- u. a. Abfälle, einige Fontinalisbüschel, dazwischen Gammarus pulex nicht selten. Eiserne Reifenteile besetzt mit Chironomidenlarven in Schlammhüllen, jungen Egeln (Nephelis) und deren Kokons, Gulnaria und deren Laichklumpen, jungen und älteren Larven von Hydropsyche, auch einer jungen Larve von Calopteryx. Mikroskopischer Befund: viel Papier- und Textilfasern und einige Kolonien von Carchesium lachmanni.

b) Äußerer Sielbesatz: Abfälle verschiedener Art, dazwischen Cladophora mit Diatoma vulgare, Synedra ulna u. a. Diatomeen, ferner Limnodrilus udekemianus.

2. Größeres Siel, 30 m vom Ufer entfernt in den Main mündend, 250 m oberhalb der Kaiserbrücke.

a) Plankton: gefischt unterhalb der Mündung des Siels in den Rhein: Typisches Rheinplankton und noch Stentor roeseli, Aspidisca lynceus, Cryptomonas erosa, schwärmende Vorticellen sowie einzelne Stärkekörner; viel Synura uvella, auch Brachionen sind nicht selten, besonders Brachionus angularis, ferner Diptereneier und ganz junge Larven von Chironomiden; sonst noch viel organischer Detritus.

b) Flußboden: Sand und Steine, dazwischen Textilfaserbüschel (faulende Lumpen) mit roten Tubificiden und einzelnen Sphaerotilus-Flöckchen, Gammarus pulex; auch Steine mit Neritina-Eiern, Röhren mit Chironomidenlarven, Nephelis und Kokons, Stöcke von Plumatella, Gulnaria auricularia und deren Laich, junge Clepsinen usw. Auch Cladophora-Büschel werden gehoben mit vielen Egeln (Nephelis) besonders in jungen Exemplaren, auch mit einer jungen Wasserwanze (Aphelocheirus aestivalis).

c) Flußboden noch weiter unterhalb des Siels: Ein ähnlicher Befund, jedoch mit noch mehr Insektenlarven, namentlich von Chironomiden und Perliden, auch Gammarus pulex in jungen Individuen ist reichlich vertreten, gleichfalls Gammarus fluviatilis. Mikroskopischer Befund: Zwischen den Cladophora-Büscheln finden sich Vorticellen, auch sind Fetttröpfchen nicht selten; von Diatomaceen besonders Gomphonema-Arten, Cocconeis, Nitzschia linearis u. a., ferner Closterium acerosum und moniliferum, ganz junge Chironomidenlarven usw.

3. Am Ufer bei der Mainzer Gasanstalt wurden nach Angabe bisher auf Kähnen die Abfälle des in der Nähe liegenden städtischen Schlachthofes ausgeladen und nach Biebrich geschafft, wo sie als Dünger in den benachbarten Weinbergen Verwendung fanden; die bei dem nach Angabe vielleicht oft etwas sorglosen Verladen auf die Schiffe in den Rhein fallenden Abfälle (Mist, Därme usw.) verursachten eine Verunreinigung des Rheingrundes und des Rheinwassers auf der linken Seite, welche sich bei den beiden früheren Untersuchungen noch bei Budenheim bemerkbar machte und nicht allein auf die Mainzer Stadtabwässer zurückgeführt werden konnte. Seit $^1/_4$ Jahr sollen diese Abfälle jedoch nicht mehr auf Schiffe verladen werden, sondern mit der Bahn nach Oppenheim geschafft werden, dort auch wohl als Dünger für die Weinberge, sodaß an dieser Stelle eine Verschmutzung des Rheins in Fortfall kommt.

Bei mehreren Dretschezügen wurde nur Sand gehoben, welcher auf der Wasseroberfläche abgesiebt, Kies und Schlacken hinterließ, sowie Muschelschalen und Schlammröhren von Chironomiden.

Wie auch bei den beiden früheren Untersuchungen der Mainzer Sielausflüsse konstatiert wurde, kann auch diesmal — die Kanalisation ist noch nicht vollendet — eine Schädigung des Flusses durch die gegenwärtig bestehenden Ausflüsse nicht festgestellt werden. Verunreinigungen werden nur in unmittelbarer Nähe der Siele sowohl durch Abfälle selbst als auch durch nur verhältnismäßig wenige Arten und Individuen der saproben Mikrofauna und -flora festgestellt. Wie im Oktober und im Mai werden unterhalb der Mainzer Abflüsse vom Grunde zahlreiche Vertreter der gröberen Fauna gehoben, wie Schnecken, verschiedene Würmerarten, Flohkrebse und viele Insektenlarven, welche von den, wenn auch nur geringen, häuslichen Abfällen herbeigelockt werden, sich von denselben nähren und deren dauernden fauligen Zersetzung ein Ziel setzen.

VI. Salzbach und Umgebung.

Oberhalb der Salzbachmündung ist das Rheinwasser bräunlichrot gefärbt durch sich auf der rechten Seite stark geltend machendes Mainwasser.

1. Salzbach selbst.

Der Salzbach führt stark trübes und stinkendes Wasser mit sich, die Sichttiefe vor seiner Mündung in den Rhein beträgt nur 10 cm; fast alle vom Salzbachwasser bespülten Steine des befestigten Ufers haben einen schwarzen Belag von Schwefeleisen.

a) Der gehobene Sand ist gleichfalls schwarz gefärbt und gibt ebenso wie die Steine mit verdünnter Schwefelsäure übergossen eine sehr starke Reaktion auf Schwefelwasserstoff; nach dem Absieben des Sandes bleibt etwas gröberer Kies zurück mit stark fäkalartig stinkenden Abfällen. Weiter oberhalb im Bache beträgt die Sichttiefe nur 8 cm, das geschöpfte Wasser besitzt einen faulharnähnlichen Geruch.

b) Mit dem ziemlich schnell strömenden Wasser — es sollen auch die abfallenden Thermal- und Badewässer von Wiesbaden in den Salzbach gelassen werden — treiben viele schmutzig graue stinkende Flocken, in welchen, mit dem Netze aufgefangen, zahlreiche rote Chironomus-Larven zum Vorschein kommen. Bei der mikroskopischen Untersuchung erweisen sich diese Flocken zumeist aus Wasserformen von Schimmelpilzen (Mucor) bestehend, doch finden sich auch häufig dicke Zoogloeen mit zahllosen Monaden und vielen Nematoden; daneben kommt auch Zoogloea ramigera vor.

c) Plankton: Dasselbe besteht zum größten Teile aus Pilzen; hauptsächlich sind Zoogloeen vertreten, sehr viel typische ramigera, ferner Flocken von Sphaerotilus natans, Hyphen von Mucor und viele Beggiatoen. Zwischen diesen Pilzmassen finden sich überall gelblichbraun tingierte Muskelfasern (Leitfragmente für Fäkalien), auch häufig vegetabilischer Detritus mit Spiralgefäßen usw. (Gemüseabfall), Stärke, Textilfasern, Fett usw. Monaden sind zahlreich, gleichfalls lebende Nematoden.

2. Rhein unterhalb des Salzbachausflusses, wo alsbald die Abwässer der chemischen Fabrik von Kalle & Co. zufließen.

Sichttiefe	15 m unterhalb	18 cm
„	ebenda 10 m vom Ufer entfernt	26 „
„	200 m unterhalb und 1 m vom Ufer	26 „
„	200 „ „ „ 20 „ „ „	47 „
„	250 „ „ „ 5 „ „ „	27 „
„	300 „ „ „ 5 „ „ „	30 „

stets im Durchschnitt von 3 Bestimmungen.

a) Schleimiger Besatz an der Kalleschen Ladebrücke $^1/_4$ Jahr in Betrieb befindlich: Sphaerotilus natans in größeren weißen frisch gebildeten sowie in grauen älteren Flocken, die letzteren enthalten viele Kolonien von Carchesium lachmanni, auch Mucor-Flocken finden sich hier, zwischen allen Pilzflocken aber viele Chironomidenlarven meist noch im Jugendstadium. In den älteren Flocken besonders kommen neben Carchesium auch viele andere saprobe Protozoen vor, namentlich Colpidium colpoda und Paramaecien.

b) Ufersteine, die von der Ladebrücke an nun, soweit sie unter Wasser liegen, mit dicken schleimigen Flocken bedeckt sind: Sphaerotilus natans mit gleichen Mengen Kolonien von Carchesium lachmanni, dazwischen viel Paramaecium aurelia, Colpidium u. a. saproben Protozoen.

c) Steine 200 m unterhalb des Salzbachausflusses mit grauem Besatz, ebenso grünlicher und schwarzer Besatz an einem seit $^1/_2$ Jahre hier liegenden Bagger: Sphaerotilus natans, Phormidium uncinatum und mehr einzeln Phormidium ambiguum, Oscillatoria tenuis, viele Nematoden, Colpidium colpoda, Colpoda cucullus, Paramacium aurelia usw. Monaden, Scenedesmus obliquus, Ulothrix tenerrima, viel Nitzschia palea, auch Stephanodiscus hantzschi u. a. Diatomaceen, dazwischen überall viele große rote Chironomus-Larven, sowie auch zahlreiche junge. Der schwarze Besatz besteht aus Schwefeleisen.

An den Ufersteinen tritt jetzt Stigeoclonium tenue auf, reich verzweigt und mit Diatomaceen besetzt, namentlich mit Nitzschia palea und fonticola, Navicula cryptocephala u. a.

d) Floß, etwas weiter unterhalb, mit grünlichem und auch schwärzlichem Besatz: Derselbe Befund; Sphaerotilus, Phormidium, Stigeoclonium usw.

e) Plankton 200 m unterhalb und 5 m vom Ufer entfernt: Es überwiegen noch die Organismen des Main gegenüber denen des Rhein, namentlich sind die Brachionen sehr zahlreich vertreten, auch Pandorina ist nicht selten, ebenso Stephanodiscus, Synedra actinastroides, dünnfädige Melosiren besetzt mit viel Bicosoeca usw. sowie Zellulosefasern; den Hauptbestandteil des Planktons machen aber die Verunreinigungen des Salzbaches aus sowie deren Umsetzungsprodukte wie Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera, viel schwärmende Vorticellen und Carchesium lachmanni, ferner Stentor coeruleus, Anthophysa vegetans und deren Gerüststiele, Aelosoma quaternarium, sowie auch noch viele gelbe Muskelfasern, Textilfasern und Schwefeleisen enthaltender schwarzer Detritus. Das Rheinplankton weist hier gleichfalls noch den faulharnähnlichen Geruch auf wie das im Salzbach gefischte Plankton.

3. Rheinufer an der Brücke der Ezeliusschen Badeanstalt.

Sichttiefe	400	m	unterhalb	Salzbach	und	5	m	vom Ufer	entfernt	35 cm
„	400	„	„	„	„	50	„	„ „	„	53 „
„	500	„	„	„	„	5	„	„ „	„	39 „
„	500	„	„	„	„	50	„	„ „	„	49 „

a) Besatz an der Brücke in der Spritzzone: Viel Fontinalis mit Cladophora, dazwischen viele Chironomus-Larven, Asseln und Tubificiden. Mikroskopischer Befund: Zwischen den Cladophora-Fäden viel Sphaerotilus sowie Kolonien von Carchesium

lachmanni, auch Aelosoma quaternarium sowie die oben aufgeführten saproben Protozoen, doch mehr einzeln, auch noch Muskelfaserreste.

Besatz in $^{1}/_{3}$ m Tiefe: Große Stöcke von Plumatella und viele schleimige Flocken: Sphaerotilus natans mit jungen Chironomuslarven und Tubificiden, Aelosoma ist häufig, Rotifer vulgaris nicht selten, einzeln Colurus bicuspidatus, überall noch Carchesium und Vorticellen.

b) Flußboden etwas unterhalb der Badeanstalt: Kies mit massenhaft schleimigen Flocken: Sphaerotilus natans meist in Zersetzung mit vielen saproben Ciliaten, wie oben genannt, auch Rotifer vulgaris; dazwischen finden sich viele meist in Zersetzung begriffene Zellulosefasern.

Der Salzbach zeigt auch bei dieser dritten Untersuchung sich als äußerst stark verunreinigt. Am meisten Schuld daran scheinen nach Lage der örtlichen Verhältnisse die Abwässer der Stadt Wiesbaden zu tragen. Daß große Mengen von Fäkalstoffen mit in den sehr stark trübes Wasser führenden Bach gelangen, beweisen die vielen bei der mikroskopischen Untersuchung im Salzbachwasser aufgefundenen sowie auch noch im Rheinwasser unterhalb des Salzbaches vorkommenden verdauten (durch Gallenfarbstoffe gelb gefärbten) Fleischreste sowie auch der Fäkalgestank, ferner Küchenabfälle, Gemüsereste, Stärke, Fett und dergl. Ein großer Teil der Auswurfstoffe ist schon in Fäulnis übergegangen, eine im Rhein 200 m unterhalb des Salzbachflusses gefischte Planktonprobe weist noch einen widerwärtigen Geruch auf; die Faulstoffe machen weiter sich im Rhein durch ihre Umbildung bemerkbar, durch Bakterienzoogloeen und Massen von Wasserpilzen. Schwefelpilze zeigen im Salzbach die Anwesenheit von freiem Schwefelwasserstoff an, Umsetzungen desselben mit Eisen als Schwefeleisen machen sich im Salzbach am Grunde und am Ufer geltend sowie noch weiter unterhalb im Rheine an Brückenpfeilern, Flößen usw. 300 m unterhalb zeigt das Rheinwasser noch deutlich die durch den Salzbach bewirkte trübe Beschaffenheit (Sichttiefe 30 cm, bei 500 m 39 cm). Erst in dieser Entfernung macht sich die zweite Verschmutzungszone durch Auftreten gewisser grüner Algen (Stigeoclonium) kenntlich, welche an die Stelle der Pilze treten und bei dem verhältnismäßig niedrigen Wasserstande am Ufer noch bis Aßmannshausen verfolgt werden können. Auf eine weitere Entfernung als $^{1}/_{2}$ km unterhalb des Salzbachzuflusses ist auch der Flußgrund durch faulende Pilze verschmutzt, welche zwischen dem Kies haften bleiben; in geringerem Grade beteiligen sich hierbei die von oberhalb, auch aus dem Main kommenden Zellulosefasern. Zur Zeit des bei den früheren Untersuchungen statthabenden Hochwassers waren solche feineren biologischen Differenzierungen nicht möglich, da die unteren Ufersteine überflutet waren und der Flußgrund durch die stärkere Strömung schneller gesäubert wurde.

VII. Chemische Fabrik von Kalle & Co.

Erster Auslauf am Ufer: Es fließt nur wenig schwach rötlich braun gefärbtes Wasser aus. Reaktion zunächst neutral, nach 5 Minuten schwach alkalisch.

Zweiter Auslauf, Rohr in die Flutrinne mündend: Es ist keine Färbung des Rheinwassers wahrzunehmen, auch keine Veränderung der Reaktion des Rheinwassers.

Dritter Auslauf gleichfalls in die Flutrinne mündend: Auch hier und weiter unterhalb ist keine Veränderung des Rheinwassers festzustellen.

VIII. Ochsenbach.

Dieser sowohl die Biebricher als auch einen kleinen Teil der Wiesbadener Abwässer aufnehmende Bach führt zurzeit nur wenig schwach trübes Wasser dem Rheine zu; die Reaktion desselben ist schwach alkalisch.

Sichttiefe des Rheins oberhalb des Ochsenbachs 45
„ des Ochsenbachwassers mit etwas zugespültem Rheinwasser 39
„ des Rheins 10 m unterhalb . . . . 44.

a) Plankton aus dem Ochsenbach, modrig riechend, nicht gerade stinkend: Sphaerotilus natans in kleinen Flöckchen, auch Schwefelpilze (Beggiatoa) sowie gelbe Muskelfasern, Fettröpfchen und Abfall; von saproben Organismen Euplotes charon, Vorticellen, weniger Bodo- und Monas-Arten, auch Melosira varians; ferner wohl durch Rückstau von Rheinwasser typische Organismen desselben sowie auch vom Main mit Zellulosefasern.

b) Besatz auf dem Zementgrunde des Auslaufes sowie auf den Seitenmauern: Sphaerotilus in dickeren Flocken und Zoogloeen, dazwischen häufig Nematoden, auch Zellulosefasern.

c) Bachgrund: Feiner Kies mit viel Kohleabfall; Zusatz von Säure gibt deutliche Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

d) Flußgrund unterhalb Ochsenbach: nichts, weil hier wohl nackter Fels.

e) Ufersteine 10—20 m unterhalb: Viel Chironomiden-Larven in Hüllen und grüner Algenbelag: Stigeoclonium tenue und Sphaerotilus natans in größeren Flocken, dazwischen viele junge Larven von Chironomiden, Nematoden, Vorticellen, Colurus, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea u. a.

Die Verunreinigung des Rheins durch den Ochsenbach ist diesmal stärker als während der Mai-Untersuchung; neben viel mehr Sphaerotilus finden sich noch Bakterien-Zoogloeen. Die Verunreinigung erstreckt sich weiter auf das Ufer unterhalb des Ochsenbachzulaufes.

IX. Schiersteiner Fabriken.

1. Eisengießerei,
2. Seifenfabrik,
3. Holzschneiderei,
4. Chemische Fabrik von Lehmbach & Schleicher,
5. Vaselinefabrik,
6. Dachpappen- und Holzzementfabrik,
7. Kunstdünger- und Leimfabrik von Otto & Co.

In der Nähe dieser sieben nahe am Rhein in obiger Folge nebeneinander belegenen Fabriken ist deutlich ein Geruch nach schwefliger Säure wahrzunehmen. Das Ufer der Fabriken liegt meist im Kribbenfelde.

1. Obere Kribbe, auf der Oberfläche und an den Seiten der Steine findet sich schleimiger grauer und grünlicher Besatz: Größere Sphaerotilus-Flocken mit Stigeoclonium

tenue, Larven von Chironomiden, zwischen den Flocken noch immer Fettropfen (wie im Salzbach), auch noch saprobe Protozoen wie Euplotes, Chilodon, Monaden usw., ferner gelb tingierte Muskelfasern. Die Unterseite der gehobenen Kribbensteine ist oft dicht besetzt mit Gehäusen, die junge Chronomiden-Larven enthalten, auch größere Larven von Hydropsyche kommen dazwischen vor, ferner große rote Chironomus-Larven, auch Nephelis vulgaris mit Kokons auf den Steinen und kleine Gulnaria auricularia.

2. Schlammanhäufung oberhalb der zweiten Kribbe: Schwach stinkend mit Nephelis und Gulnaria.

3. Dritte Kribbe: Alle untersuchten Steine weisen einen ähnlichen Besatz auf wie die Steine der oberen Kribbe; besonders üppig wuchert hier wieder Stigeoclonium, dazwischen ist Stentor roeseli häufig; auf den unteren Flächen der Steine wieder viele Chironomiden-Larven, auch solche von Hydropsyche, limicole Oligochaeten, junge Gulnarien, auch braune Bryozoenkrusten (Plumatella); auf einigen Steinen befindet sich auch schwarzer Belag, der mit Säure Schwefelwasserstoff entwickelt; wieder andere Steine zeigen Büschel von Cladophora (Zellen dünn- und dickwandig, ohne Sphaerotilus- und Diatomeenbesatz, also frisch gewachsen), dazwischen viele meist 2 cm lange Egel (Nephelis), auch junge Individuen von Asellus aquaticus, Larven von Hydropsyche, alle Steine sind aber auf der unteren Seite dicht besetzt mit Larvengehäusen von Chironomiden, jungen und älteren, ferner noch von Baetis.

4. Unterhalb der Dachpappenfabrik wird viel teerartiger Schlamm gehoben, der gänzlich azoisch ist.

5. Bucht hinter der letzten Kribbe vor der Ottoschen Kunstdüngerfabrik: In dieser stillen, vom Rheinwasser nicht durchströmten Bucht hat sich sehr viel Schlamm abgelagert, welcher jedoch zum größten Teile aus hier abgesetztem mineralischem Detritus besteht und mit Säure übergossen sehr stark aufbraust (Calciumkarbonat). Die Schlammablagerung ist so bedeutend, daß die Bucht nur teilweise mit dem Boote zu befahren ist und mit jedem Ruderschlag schwarzer Schlamm aufgerührt wird. Das ablaufende Wasser ist stark trübe und von schwach fauligem Geruch, die anfangs neutrale Reaktion geht schnell in eine deutlich alkalische über.

Der vor dem Abfluß gelagerte Schlamm ist stark stinkend, weniger der am Ende der Bucht abgelagerte. Nach dem Absieben — bei der schleimigen Beschaffenheit des Schlammes eine sehr langwierige Manipulation — bleibt außer einigen Schneckenschalen nur pflanzlicher Abfall (braune Blätter) zurück, er ist gänzlich azoisch.

Von den sieben Fabriken kommen für eine schädliche Beeinflussung des Rheinufers — das diesmal wegen des niedrigeren Wasserstandes eingehender untersucht werden kann — anscheinend nur zwei in Betracht und zwar die beiden unteren: Die Dachpappenfabrik, welche teerartige Abfälle entläßt, und die Ottosche Kunstdünger- und Leimfabrik, aus welcher Abwässer mit faulenden oder fäulnisfähigen Substanzen fließen. Die an den Kribbensteinen aufgefundenen Organismen sind zum großen Teile dieselben, wie sie sich unterhalb des so stark verunreinigten Salzbaches gebildet hatten (vorzugsweise Sphaerotilus und Stigeoclonium). Eine reiche gröbere Fauna hat sich zwischen den Kribbensteinen angesiedelt, welche in den aus dem Salzbach in den Rhein gelangenden Abfällen sowie in den aus der gelösten Faulsubstanz

hervorgegangenen Produkten (Pilze und Algen) gute und reichliche Nahrung findet. Die grüne Fadenalge Stigeoclonium, welche bei den beiden früheren Untersuchungen nicht zur Beobachtung kam oder kommen konnte, ist besonders charakteristisch für die Wirkung des Salzbachausflusses auf das rechte Ufer des Rheins und zwar auf eine lange Strecke hin. Gleich unterhalb des Salzbaches in der ersten Verschmutzungszone kann diese Alge noch nicht vegetieren, hier dominieren bei der überreichen organischen stickstoffhaltigen Substanz die Zoogloeen und Fadenpilze, aber nach 300 m tritt Stigeoclonium auf, um nun vorläufig vom rechten Ufer nicht zu verschwinden und die Wirkung der Salzbachabwässer bei dem zeitweilig für die Bildung günstigen Wasserstande deutlich vor Augen zu führen. Berichterstatter hat diese Alge häufig auf den verschiedenen Rieselfeldern von Berlin und Vororten, sowie in den Abflußgräben derselben und denen von kleineren Kläranlagen, wenn sie noch Faulwasser enthielten, aufgefunden und muß sie in derartigen Wucherungen als mesosaprob ansprechen.

X. Schiersteiner (Niederwalluf-Budenheimer) Profil.

Freitag, den 17. August, morgens 8 Uhr 20,1° Wassertemperatur bei 15,3° Lufttemperatur. Bewölkt, später Regen und 10° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite, Sichttiefe 60 am Ufer, wo Regenabläufe aus Budenheim, Sichttiefe 20 m vom Ufer entfernt 73.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit viel mineralischem Detritus, auch organischem, ferner noch Synura uvella, Gomphosphaeria lacustris nicht selten, Botryococcus und Staurastren gleichfalls, einzeln Closterium rostratum, Coelastrum microporum, weniger Rotatorien, vorwiegend Anuraeen, Brachionen nur ganz vereinzelt; Larven von Dreissensia ziemlich häufig, junger Cyclops einzeln, auch Nauplien, kein Sphaerotilus.

b) Flußboden: Viel Sand, gesiebt gröberer Kies und Schlackenstücke, darin nur Larven von Hydropsyche, keine solche von Chironomiden wie auf der rechten verschmutzten Seite; an einzelnen größeren Steinen Hildenbrandia rivularis, auch einzelne größere Spongillenstöcke.

c) Besatz an der Badeanstalt, in der Spritzzone: 65—70 cm lange Cladophora-Strähnen mit viel Diatoma vulgare, Euchlanis, viel jungen Asseln und jungen Flohkrebsen (Gammarus pulex), junge Nephelis, junge Larven von Cloëon und Chironomiden.

In $^1/_3$ m Tiefe: Derselbe Befund, auch noch Synedra ulna und einzelne Nematoden.

d) Besatz an Ufersteinen: Meist mineralischer Detritus mit vielen Kieselalgen, besonders Navicula cryptocephala und Encyonema prostratum in Röhren, ganz einzeln Vorticellen und Fäden von Oscillatoria tenuis, kein Sphaerotilus; einzelne Steine sind mit Fontinalis besetzt.

B. Strommitte, Sichttiefe 70.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton mit viel Tabellaria, auch nicht selten Fragilaria crotonensis, schlanke Synedren, einzeln Synedra capitata, Asterionella usw. Larven von Dreissensia, Synura uvella, Cryptomonas erosa, Tintinnidium fluviatile,

Difflugia hydrostatica; von Rotatorien vorwiegend Anuraeen, einzeln Synchaeta tremula und behaarte Synchaeteneier, Polyarthra, Triarthra, Notholca longispina, Brachionus amphiceros, Ploesoma truncatum, Conochilus sp., Rotifer fast leblos, Nauplien, Bosminen usw., einzeln Zellulosefasern, kein Sphaerotilus aufgefunden.

b) Flußboden: Viel Sand, gesicht etwas gröberer Kies, azoisch, nur eine alte Schale von Dreissensia.

C. Rechte Stromseite. Sichttiefe 50. Das Mainwasser macht sich hier noch immer durch eine bräunlich-rote Farbe bemerkbar.

a) Plankton: Viel Mainplankton, weniger Rheinorganismen, auch weniger mineralischer Detritus als links und Mitte. Viele Rotatorien, besonders sehr viel Brachionus pala-amphiceros mit reichlich Eiern, auch Dauereiern; nicht selten ist auch Triarthra longiseta wie breviseta, Anuraea cochlearis und tecta, Asplanchna priodonta, einzeln Aspl. brightwelli, Mastigocerca capucina, Polyarthra platyptera, Synchaeta pectinata und tremula, Conochilus unicornis; von Algen Eudorina und besonders Pandorina in allen Entwickelungsstadien, Synura uvella häufig sowie Pediastrum boryanum und duplex mit Varietäten, ferner Pleurococcaceen wie Actinastrum hantzschi, Spaerocystis schroeteri, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Selenastrum acuminatum u. a. sowie Gonium und Staurastren; von Diatomaceen vorwiegend Stephanodiscus hantzschi und Synedra actinastroides, auch Melosira varians sowie Melosira tenuis mit Bicosoeca (wie im Main), sonst noch Arcellen, Difflugien, Codonella lacustris, schwärmende Vorticellen, Nematoden, Cyclops, Nauplien, Chydorus, Daphnia longispina. Eier von Chironomiden und schließlich Sphaerotilus natans mit einzeln Zoogloea ramigera sowie vielen Zellulosefasern.

b) Flußboden: Steine fast alle mit schleimigem Besatz und Paludinen, die größeren Steine auf der Unterseite meist mit schwarzem Belag, der mit Säure starke Schwefelwasserstoffreaktion gibt, überall Chironomidenlarven meist in Röhren, auch von Hydropsyche, gleichfalls viel Nephelis und deren Kokons auf den Steinen, einzeln Dendrocoelum lacteum und Clepsinen, ferner Tubifex, kleine Asseln, Sphaerium, Gulnaria, Paludina und einzeln Lithoglyphus. Mikroskopischer Befund: Vorticella campanula und Stentor roeseli.

c) Pontonbesatz meist braune Polster von Plumatella, auch Cladophora glomerata mit jungen Chironomidenlarven.

d) Ufersteine: Wieder Stigeoclonium tenue, Cladophora, Ulothrix zonata, Sphaerotilus mit Colpidium colpoda, Melosira varians und Chironomidenlarven.

Am Grunde und am ganzen Ufer ist Sphaerotilus natans noch in mäßig großen Flocken aufzufinden, teilweise in Zersetzung.

Im Schiersteiner Profil treten die Unterschiede zwischen der rechten und linken Rheinseite bei dem niedrigeren Wasserstande sehr stark hervor, viel deutlicher als durch die früheren Untersuchungen bei Hochwasser.

Während auf der linken Flußseite typische Rheinplanktonten zu finden sind, und kein Sphaerotilus mehr, in der Strommitte ein ähnlicher Befund zu konstatieren ist, herrscht auf der rechten Seite ein ganz anderes Bild, die Rheinorganismen treten hier in den Hintergrund; einerseits sind hier die Planktonten des Main reichlich vor-

handen, andererseits saprobe Organismen, welche sich in der Mischung mit dem schlechten Salzbachwasser gebildet haben. Augenscheinlich stark vermehrt haben sich die auch im Main häufig vorhandenen Diatomaceen Synedra actinastroides und Stephanodiscus hantzschi; gleichfalls können die dicht mit Bicosoeca besetzten dünnfädigen Melosiren bisher noch nicht so reichlich im Rhein aufgefunden werden. Zur sehr starken Vermehrung ist auch Brachionus pala-amphiceros geschritten und zwar nur in dem mit Fäulnisstoffen beladenen Wasser der rechten Rheinseite. Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera, schwärmende Vorticellen, viele Nematoden usw. zeigen deutlich die Verunreinigung an.

Der gleiche Unterschied zwischen den beiden Flußseiten zeigt sich auch am Flußgrunde und am Ufer: links gar keine Fadenpilze, rechts Sphaerotilus in größeren Flocken überall am Grunde wie im Uferbesatz, hier wieder ausschließlich die den Salzbachwasserzufluß charakterisierende Alge Stigeoclonium, viele schmutzliebende Würmer verschiedener Arten usw.

Was die auf der rechten Seite häufig treibend gefundenen Zellulosefasern betrifft, so stammen dieselben mit großer Wahrscheinlichkeit aus den am Main gelegenen Zellulosefabriken, namentlich aus Kostheim, da sie in der Strommitte nur einzeln gefunden wurden; aus letzterem Grunde ist die Zuschwemmung aus der großen unweit Mannheim gelegenen Waldhofer Zellulosefabrik nicht wahrscheinlich, sonst wäre bereits eine größere Durchmischung im Rheinwasser erfolgt.

Jedenfalls zeigt die rechte Rheinseite im Gegensatz zur linken und zur Strommitte deutlich und ausschließlich die Verschmutzungen des Mains und namentlich des Salzbaches, welcher Unterschied außerdem noch durch die Bestimmungen der Sichttiefe zum Ausdruck kommt, (links 73, Mitte 70, rechts nur 50).

XI. Rhein bei Hattenheim-Selz-Oestrich-Winkel.

1. Hattenheim. Die überfluteten Steine des rechten Ufers weisen auch hier noch den schlüpfrigen grünen Belag von Stigeoclonium auf, jedoch nicht mehr in so dicken Rasen wie bei Biebrich. Stigeoclonium tritt hier schon etwas zurück gegen die Algen Cladophora und Ulothrix. Sphaerotilus ist aber überall noch aufzufinden, dazwischen Chilodon cucullulus, Nematoden, Melosira varians, Nitzschien usw.

2. Die Selz. Die Rheinbucht auf der linken Rheinseite unterhalb des Selzzuflusses mit hessischen Fabrikabwässern ist noch ebenso verschlammt und verschlickt wie im Mai. Der Schlamm ist stinkend, azoisch und enthält viel faulende Blätter.

Steine an der Uferstrecke dem Rheine zu: Cladophora-Besatz mit viel mineralischem Detritus und potamophilen Kieselalgen; kein Sphaerotilus und von Stigeoclonium nicht die geringsten Mengen aufzufinden.

Sichttiefe am linken Ufer 75.

3. Winkel. Die überfluteten Steine zeigen auch bei Winkel (rechte Flußseite) den ähnlichen sammetartigen sattgrünen Belag von Stigeoclonium wie bei Hattenheim und weiter oberhalb; einzeln tritt hier wieder Cladophora und Ulothrix auf.

Stigeocloninm vermehrt sich durch Schwärmsporen; mit der Strömung werden diese flußabwärts geführt, bleiben auf den unteren Uferstrecken an Steinen und der-

gleichen haften und treiben neue Fäden bezw. Rasen. Die Alge wuchert solange weiter, als sie noch in dem mit organischer stickstoffhaltiger Substanz angereicherten Wasser ihre Lebensbedingungen findet, welche auf der rechten Rheinseite durch das scheinbar ständig im schlechten Zustande einströmende Salzbachwasser gegeben sind. Zwischen den Stigeoclonium-Fäden finden sich noch immer auch bei Hattenheim-Oestrich saprobe Protozoen, welche gleichfalls Verschmutzung anzeigen. Es ist bemerkenswest, daß auf der gegenüberliegenden linken Rheinseite sich an Ufersteinen und dergleichen auch nicht der geringste Besatz von Stigeoclonium auffinden ließ; deshalb muß angenommen werden, daß die Bildung dieser mesosaproben Alge lediglich auf die Zone des Salzbbachabwassers beschränkt bleibt.

Es erscheint fraglich, ob Stigeoclonium auch zur kalten Jahreszeit in derselben Weise wuchert. Wahrscheinlich wird während des Winters die gelöste Faulsubstanz mehr in den Pilz Sphaerotilus umgesetzt oder bei Hochwasser mehr verdünnt und schneller stromabwärts geführt, sodaß die Bildung von längeren Pilzflocken nicht möglich wird. Diese Verhältnisse bleiben noch zu untersuchen.

4. Chemische Fabrik von Goldenberg, Geromont & Co. Aus derselben fließt, wie bei der Oktoberuntersuchung, das Abwasser rot gefärbt und stark trübe aus, in der geschöpften Probe schnell einen dicken Bodensatz bildend, welcher in der oberen Schicht weißlich rot und sehr fein, in der unteren dagegen gröber ist und dunkler rot gefärbt (Weinfarbstoff). Die chemische Analyse der Oktoberprobe ergab viel Gips und freie Schwefelsäure, welche auch jetzt wieder vorhanden zu sein scheint, da das Wasser eine saure Reaktion zeigt, jedoch in der Mischung mit Rheinwasser bald verschwindet.

Mit verschiedenen Dretschezügen unterhalb des Abwasserzuflusses werden ausschließlich Steine gehoben, welche auf allen Seiten mit pulverförmigen schwarzen Massen bedeckt sind; abgespült bleibt ein schwarzer Belag besonders auf der Unterseite, welcher wie auch die schwarzen Massen mit Säure starke Schwefelwasserstoffreaktion gibt.

Die Ufersteine weiter unterhalb zeigen teils denselben schwarzen Belag von Schwefeleisen, teils einen schleimigen, welcher, wie die mikroskopische Untersuchung ergibt, aus Sphaerotilus und Zoogloea ramigera besteht mit zahlreichen Kolonien von Carchesium lachmanni u. a. saproben Ciliaten wie Colpidium usw. Bei der Untersuchung während des Hochwassers waren diese Befunde nicht zu verzeichnen.

Bei der späteren chemischen Untersuchung wurde wieder viel Gips im Abwasser der genannten, Weinrückstände verarbeitenden Fabrik nachgewiesen. Demnach erklärt sich der Befund von viel Schwefeleisen durch Gipsreduktion. Diese ist wieder veranlaßt durch die zurzeit statthabende Anreicherung des Ufergrundes der rechten Rheinseite mit Faulsubstanzen, welche von Biebrich an bis hier — soweit untersucht — ununterbrochen konstatiert wurden.

Ein solcher Befund liefert wieder den Beweis, daß eine an und für sich für den großen Fluß chemisch nicht in Betracht kommende Verunreinigung doch zu lokalen Schädigungen Veranlassung geben kann durch das Hinzutreten einer anderen Verschmutzung besonders durch Fäulnisstoffe enthaltenden Schlamm.

XII. Rhein bei Rüdesheim-Bingen.

Das Mainwasser ist bei Rüdesheim noch deutlich an seiner braunroten Färbung zu erkennen, wenngleich dieselbe im Vergleich zur letzt untersuchten Strecke etwas abgenommen hat.

Sichttiefe	bei Rüdesheim	60
„	in der Strommitte	70
„	bei Bingen	70

1. Rüdesheimer Hafen.

Nach Angabe der Schiffsbemannung werden in den stillen Buchten (Häfen) bei Rüdesheim und bei Bingen viele Fische gefangen, auch Hechte und Barsche; Weißfische, welche für die genannten Raubfische ein gutes Futter bilden, konnten vom Boote aus in Scharen bemerkt werden.

Sichttiefe im Rüdesheimer Hafen an 3 verschiedenen Stellen gemessen gleichmäßig 64.

a) Plankton: In wenigen Zügen mit dem kleinen Netze, im ganzen von $^{1}/_{2}$ Minute Dauer, werden 15 ccm Plankton erhalten, welches eine grüne Färbung besitzt und nur wenig mineralische Sedimente zeigt, es ist als Pandorina-Synura-Polyarthra-Plankton zu bezeichnen; Pandorina und Synura sind massenweise vorhanden, Eudorina weniger, von Rotatorien überwiegt bei weitem Polyarthra platyptera mit vielen Eiern, auch Nauplien sind zahlreich, weniger Cyclops und Bosmina. Von anderen Rotatorien kommen einzeln vor: Synchaeta pectinata auch behaarte Eier, Asplanchna priodonta (mit viel Pandorina und Synura als Nahrung), Anuraea cochlearis mit tecta, Mastigocerca capucina, Brachionus amphiceros und angularis, letzterer häufig in Schmutzhülle, Triarthra longiseta. Von Protozoen Trachelius ovum, Tintinnidium fluviatile, Epistylis lacustris und einige Kolonien von Vorticella campanula. Ferner mehr einzeln Dinobryon cylindricum var. divergens, Ceratium hirundinella, Gymnodinium penardi, Chlamydomonas monadina, Gonium pectorale, Euglena oxyuris, Sphaerocystis schroeteri, Scenedesmus quadricauda, Oocystis marssoni, Dictyosphaerium pulchellum und einige andere Pleurococcaceen, verschiedene Pediastrum-Arten, Polycystis incerta, Oscillatoria agardhi und einige Bündel Aphanizomenon; von Diatomaceen Tabellaria fenestrata asterionelloides, Stephanodiscus, Nitzschia acicularis einzeln, einige schlanke Synedren und dünnfädige Melosiren mit Bicosoeca besetzt, Asterionella mit Diplosigiopsis frequentissima, schließlich Larven von Dreissensien nicht selten.

b) Flußboden: Sehr viel Rheinschlick, mit Säure stark aufbrausend, modrig riechend, nicht stinkend; nach dem Absieben bleiben faulende Blätter und einige Tubificiden, keine Chironomuslaven, ferner nur noch Schalen von älteren Dreissensien.

c) Ufersteine an der Rheinecke mit grünlichem Besatz: hauptsächlich bestehend aus Phormidium ambiguum, dazwischen Chlamydomonas monadina, Rhaphidium polymorphum, Diatoma vulgare mit var. lineare, Nitzschia palea, communis, acicularis, linearis var. tenuis und subtilis var. paleacea, Synedra ulna mit var. splendens, Rhoicosphenia curvata. Navicula cryptocephala, Stephanodiscus hantzschi mit pusillus,

Gomphonema olivaceum, parvulum und angustatum, Encyonema ventricosum mit forma minuta, Microneis minutissima, Amphora ovalis, Cyclotella comta und meneghiniana, Synedra delicatissima var. mesoleia, Fragilaria capucina und construens var. venter und einzelne Nematoden. Andere Steine noch mehr der Rheinseite zu zeigen mehr Besatz von Cladophora glomerata mit etwas Sphaerotilus und von Kieselalgen überwiegend Synedra ulna und Melosira varians, wieder andere Cladophora, Stigeoclonium, Ulothrix zonata und Sphaerotilus mit Nematoden und Diatomaceen.

2. Binger Hafen.

Derselbe steht im oberen Teile durch ein Rohr mit dem Rhein in Verbindung.

a) Plankton: Überwiegend sind hier im Gegensatz zu den anderen untersuchten Buchten die oligotrichen Protozoen Tintinnidium fluviatile und Codonella lacustris sowie Larven der Muschel Dreissensia polymorpha. Zahlreich sind auch Rotatorien besonders Synchaeta pectinata, auch noch Polyarthra platyptera, mehr einzeln Anuraea cochlearis mit tecta sowie aculeata; von Krustazeen neben Cyclops mit Nauplien Hyalodaphnia cucullata, Diaphanosoma brachyurum und Bosmina longirostris-cornuta. Algen kommen hier seltener vor, so Eudorina und Pandorina, Dinobryon stipitatum und cylindricum var. divergens, Synura uvella, Ceratium hirundinella sowie Ceratium cornutum, Peridinium tabulatum und minimum, Pediastrum boryanum und duplex var. clathratum, Scenedesmus quadricauda, Selenastrum acuminatum, Actinastrum, Sphaerocystis, Dictyosphaerium u. a. Pleurococcaceen, ferner noch Euglena acus und Closterium leiblcini; von Diatomaceen vorwiegend Tabellaria, schlanke Synedren und dünnfädige Melosiren, unter den letzteren ist recht häufig die Form curvata, mehr einzeln Synedra actinastroides, Asterionella 4- und 8strahlig mit Diplosigiopsis frequentissima, Fragilarien, Diatoma elongatum, Attheya zachariasi, einzeln auch Grundformen wie Cymbellen u. a. Gomphonemen sind abgestorben.

b) Die Untersuchung des Grundes ergibt wieder viel abgelagerten Rheinschlick, der mit Säure übergossen sehr stark aufbraust, aber nicht stinkend ist. Nach dem Absieben bleiben einige Muscheln (Anodonta und Unio) zurück, auch große rote Larven von Chironomus, keine Oligochaeten; auf einer leeren Anodonta-Schale finden sich Eier von Lithoglyphus naticoides.

3. Befestigtes Ufer von Bingen.

a) Pontonbesatz: Cladophora glomerata in 40 bis 60 cm langen Strähnen, darin eine große Nepa cinerea, mikroskopisch nichts Bemerkenswertes, nur potamophile Diatomaceen.

b) Ufersteine. Cladophora mit ebensolchen Diatomaceen, kein Sphaerotilus, kein Stigeoclonium.

Auch auf der Rheinstrecke Rüdesheim-Bingen ist der noch immer statthabende Unterschied zwischen der noch verschmutzten rechten Rheinseite und der reineren linken bemerkenswert. Interessant ist ferner das häufige Vorkommen der nicht zu den saproben Organismen gehörenden Protozoen Tintinnidium fluviatile und Codonella lacustris im Binger Hafen. Dieser bildet keine eigentliche stille Bucht, stellt aber auch kein strömendes Wasser dar; er erhält vom Rhein durch ein Rohr einen andauernden wenn auch nur geringen Zufluß, so daß er ein schwach bewegtes Wasser

darstellt. In solchem scheinen die Lebensbedingungen für diese beiden sich nahestehenden Infusoriengattungen gegeben zu sein, besonders da durch den schwachen aber andauernden Durchfluß von Rheinwasser ihnen kleinste Nahrungsstoffe stets geboten sind. Dagegen haben gewisse Rotatorien, besonders die großen Asplanchnen, die besonders bei der Maiuntersuchung massenhaft im Rüdesheimer Hafen gefunden wurden, in den stilleren Rheinbuchten bessere Lebensbedingungen, da sie größere Algen (Eudorina, Pandorina, Synura) und kleinere Rotatorien als willkommene Nahrung benötigen und dieser in dem ruhigen Wasser besser habhaft werden können als im Strome.

Ohne Ausnahme ist die Anreicherung von Organismen, zahlreichen Vertretern der Mikroflora und der Mikrofauna, in den stillen Buchten bisher festgestellt, wenigstens während der warmen Jahreszeit; wie die Verhältnisse sich im Winter gestalten, wird bei der nächsten Untersuchung festzustellen sein.

XIII. Nahe.

Sichttiefe	oberhalb der Eisenbahnbrücke	30 cm
„	unterhalb derselben	28 „

Wasser lehmig gelb.

a) Plankton: Viel mineralischer Detritus, auch viel organischer meist undefinierbarer mit Moosfragmenten, Textilfasern und Stärkekörnern, unter letzteren ist besonders häufig Kartoffelstärke. Cladothrix und kleine Rasen von Achlya; von Algen am häufigsten Pediastrum boryanum, Pediastrum duplex einzeln, auch abgestorben, dann noch Scenedesmus quadricauda, Rhaphidium polymorphum. Closterium moniliferum und Lepocinclis ovum; von Diatomaceen: Surirella biseriata, splendida und ovata var ovalis, Melosira varians, Cymatopleura solea, Stephanodiscus hantzschi, Cocconeis placentula, Nitzschia communis, Gomphonemen u. a., meist finden sich jedoch Schalen genannter Surirella-Arten, ebenso von Synedra ulna, Nitzschia sigmoidea, Fragilaria virescens u. a. Von Protozoen Lionotus fasciola einzeln, sowie häufig Arcella vulgaris, auch Difflugia pyriformis, abgestorbene Cyphoderien usw. Von Rädertieren: Rotifer vulgaris, Pterodina patina, Salpina redunca, Ploesoma truncatum, Colurus uncinatus und Anuraea cochlearis, von Cyclops nur Panzer, sonst noch junge Chironomidenlarven und Eier.

b) Flußboden an der Eisenbahnbrücke: Schwarzer Schlamm, stark stinkend, auf dem Sieb bleibt massenhaft schwarzer schwefeleisenhaltiger Abfall verschiedenster Art; azoisch.

Der Nahefluß zeigt eine ähnliche Beschaffenheit wie bei den beiden früheren Untersuchungen: eine nur mäßige Verschmutzung, welche auch durch Abfälle mancher Art bewirkt ist.

XIV. Rheinprofil bei Aßmannshausen.

Binger Pegel den 18. August 1906 = 1,95, um 7 Uhr bewölkt, von 8 Uhr ab Regen, oft starke Güsse, Temperatur des Wassers 19° bei 12° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite. Sichttiefe 64 cm.

a) Plankton: Sediment mit Säure kein Schwefelwasserstoff. Typisches Rheinplankton mit viel organischem Detritus wie solcher in der Nahe vorhanden, auch Kartoffelstärke, Cladothrix, viel Surirellenschalen, Cymatopleura, Arcellen und

Difflugien; sonst ziemlich viel Synura uvella, mehr als Eudorina und Pandorina, Rotatorien mehr einzeln wie Anuraea cochlearis mit tecta, Asplanchna, Synchaeta pectinata, Brachionus amphiceros und rhenanus, Mastigocerca capucina, Polyarthra platyptera, ferner einzeln Gomphosphaeria lacustris, Ceratium cornutum neben Ceratium hirundinella, Cryptomonas erosa, Botryococcus, Dinobryon einzeln mit Cysten, Larven von Dreissensia, Cyclops, Nauplien teils mit Colacium vesiculosum besetzt, Bosmina, Hyalodaphnia cucullata und Daphnia longispina.

b) Flußboden: Auf Steinen junge Dreissensien mit ihrem Byssus festhaftend, auf anderen Steinen viele Röhren mit Chironomidenlarven, auch chitinartige Röhren mit solchen Larven und Larven von Hydropsyche.

c) Vegetation auf der frei liegenden Buhne: Cladophora glomerata sehr reich besetzt mit Diatoma vulgare, sowie mit Melosira varians, ferner dazwischen Synedra ulna splendens, Nitzschia acicularis u. a. Diese Kieselalgen verdecken die grüne Farbe der Cladophora fast vollständig, Diatoma ist überall zu finden, während Melosira varians mehr an einzelnen Stellen gehäuft vorkommt; diese braunen und grünen Massen sind überall durchzogen mit Trichomen von Lyngbya kuetzingi Schmidle.

Auf der Nordseite der Buhnen (stromabwärts) sind alle Steine besetzt 1. mit kleinen braunen Büscheln, welche sich wieder erweisen als Ketten von Diatoma vulgare mit Massen von Melosira varians, nur einzelnen Synedren, Nitzschien usw., Chaetophora und Cladophorabüschel kommen dazwischen vor und alles durchzieht wieder Lyngbya kuetzingi, 2. mit Fontinalis in einzelnen Vegetationen, ferner überziehen grünbläuliche Häute von Phormidium ambiguum ganze Teile des auf und zwischen den Steinen abgelagerten Rheinschlicks, die genannte Lyngbya ist wieder dazwischen vertreten, ebenso viel Diatoma vulgare und Melosira varians, ferner Synedra ulna, Encyonema prostratum, Cymbella lanceolatum und einzelne Nematoden.

Oberhalb der Buhnen wird in dem flachen Wasser mit dem Pfahlkratzernetz nur geruchloser Sand gehoben, unterhalb der Buhnen dagegen im Stauwinkel an einigen Stellen schwärzlicher und stinkender Schlamm, der mit Säure Schwefelwasserstoffreaktion gibt; dazwischen, d. h. in dem überstehenden Wasser hält sich Gammarus pulex auf.

B. Strommitte, Sichttiefe bei Wind und Wellen im Mittel von 3 Messungen 60.

a) Plankton: Viel mineralischer Detritus, auch vegetabilischer u. a. organischer wie Pollen von Koniferen, Zellulosefasern, Culexlarvenhüllen usw., zwischen dem Detritus einzeln Callidina elegans. Typisches Rheinplankton ist hier naturgemäß viel reichlicher, besonders jetzt Ceratien, Dinobryen, Tabellaria, Brachionen (darunter wieder Brachionus rhenanus) und Anuraea cochlearis (darunter forma hispida nicht selten), Asplanchna priodonta mit Fragilariennahrung, Schizocerca diversicornis, Triarthra breviseta, Lepadella ovalis, Notommata sp. u. a. Von Protozoen neben Arcella auch Tintinnidium und Codonella, von Krustazeen: Cyclops, Nauplien, seltener Bosmina, Diaphanosoma und Alona, ferner junge Perlidenlarven und Larven von Dreissensia; Synura ist hier nur einzeln, auch Staurastren, Pediastren usw. sowie ganz einzeln Euglena oxyuris.

b) Flußboden: Nichts.

C. Rechte Flußseite, Sichttiefe 56.

a) Plankton: Das Sediment gibt mit Säure Schwefelwasserstoffreaktion. Typisches Rheinplankton mit sehr viel Rotatorien, vorwiegend Brachionus pala-amphiceros, in den meisten Exemplaren eine größere Anzahl von Eiern mit sich führend, nicht selten sind auch frei treibende Synchaeteneier, durch radiär von der Schale abstehende Borsten schwebend gehalten, und Synchaeta pectinata selbst; recht häufig ist ferner Brachionus angularis, mehr einzeln Anuraea cochlearis mit tecta, Polyarthra, Triarthra longiseta, Asplanchna, Rotifer und Actinurus, letztere beide gar nicht selten. Von Algen findet sich viel Pandorina und Synura, beide wohl aus der Anreicherung im Rüdesheimer Hafen stammend, weniger Eudorina, viel Pediastrum duplex var. clathratum auch reticulatum, sowie boryanum, gleichfalls Staurastrum gracile und paradoxum, Sphaerocystis, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Schroederia, Botryococcus u. a. Von Diatomaceen außer den typischen Arten, von denen Tabellaria wieder überwiegt, viel Stephanodiscus hantzschi, auch Nitzschia acicularis, linearis und palea, Melosira tenuis mit Bicosoecabesatz, Larven von Dreissensia, von jungen Chironimiden und Perliden, Nematoden und eine Hydrachnidennymphe, Zellulosefasern einzeln.

b) Flußboden: Nichts.

c) Pontonbesatz: Cladophora-Strähnen mit vielen jungen Larven von Chironomiden, sowie von Ephemeriden, von Rhyacophila, Hydropsyche u. a., dazwischen immer Nematoden; Fontinalisbüschel ergeben einen ähnlichen Befund, jedoch viel weniger reich, zwischen Rasen von Vaucheria finden sich umfangreiche Abscheidungen von Eisenhydroxyd. In $^1/_4$ bis $^1/_3$ m Tiefe werden die Cladophora-Strähnen selten, jedoch die Vaucheria-Wucherungen häufiger, auch hier Ablagerungen von Eisenhydroxyd, doch seltener.

d) Steine des Ufers: Auf der Oberseite einzelne nur 2 cm lange Cladophorabüschel, auf den unteren Seiten Spongillenüberzüge, Larven von Chironomiden, Hydropsyche und anderen Trichopteren, sowie Nephelis-Kokons.

Auch bei Aßmannshausen macht sich in dem Wasser auf der rechten Seite die Verunreinigung, welche weiter oberhalb auf einer langen Strecke im Wasser und auf dem Grunde festgestellt wurde, durch die Anhäufung gewisser Rotatorien (Brachionus pala und angularis, Rotifer und Actinurus) noch in geringem Grade bemerkbar. Die vorher typische Alge Stigeoclonium scheint bei Aßmannshausen verschwunden zu sein, es fehlt ihr hier an den nötigen Lebensbedingungen. Zellulosefasern gelangen noch bis hierher treibend mit dem Strom; ferner wird im Plankton noch reichlich schwefeleisenhaltiger Detritus, wie er im Main häufig war, festgestellt, dagegen nicht auf der linken Rheinseite, auf welcher sich besonders die sich schwebend haltenden Verunreinigungen des Naheflusses bemerkbar machen. Daß hier auf der linken Seite vor einiger oder längerer Zeit auch noch stärkere Verunreinigungen stattgefunden haben, sehr wahrscheinlich auch durch den Nahefluß, beweisen die auf den jetzt freiliegenden Buhnen massenweise wuchernden Verbände von Kieselalgen, welche so üppig nur in bereits mineralisierter ursprünglich reichlich vorhandener organischer stickstoffhaltiger Substanz gedeihen; es kommen hier besonders die Arten Melosira

varians und Diatoma vulgare in Betracht. Eigentümlich bei den Befunden — und vom Berichterstatter an anderen Orten noch nicht konstatiert — ist die Lebensgemeinschaft der beiden blaugrünen Algen Lyngbya kuetzingi und Phormidium ambiguum mit den genannten Kieselalgen. Unter den letzteren haben für die Beurteilung, besonders bezüglich stattgehabter Verunreinigungen, noch einige andere aufgefundene Arten gewissen Wert wie Cymbella lanceolatum, Encyonema prostratum u. a.

XV. Lorcher Werth und Wisper.

1. Lorcher Werth an der unteren (nördlichen) Inselspitze mit befestigtem Ufer.

a) Überflutete Buhnensteine der Westseite. Hier ein ähnlicher bräunlicher Besatz wie auf der Buhne bei Aßmannshausen: Cladophora in 2—3 cm langen Flocken überwuchert mit Diatoma vulgare, andere Kieselalgen sind nur wenig vorhanden, auch Melosira varians nur einzeln; Lyngbya kuetzingi findet sich auch hier zwischen den Diatoma-Ketten.

b) Der hier gehobene Sand ist azoisch.

c) An der Inselspitze, also im Stau, finden sich umfangreiche Bestände von Potamogeton pectinatus, welche eine Länge von 1,45 bis 1,60 m aufweisen, dazwischen große Exemplare von Gammarus pulex und 80 bis 90 cm lange Strähnen von Cladophora glomerata; diese sind ziemlich frisch gewachsen und weisen nur geringen Besatz auf von Diatoma vulgare und einigen Gomphonemen.

d) Flußboden an der Ostseite der nördlichen Inselspitze. Hier hat sich normaler geruchloser Sand abgelagert, welcher jedoch weiter oberhalb mehr im Rückstau eine schwarze Farbe annimmt durch Schwefeleisen enthaltenden Detritus; in ihm leben große rote Chironomus-Larven, sonst finden sich nur einige Bythinia-Schalen.

2. Wisper.

a) Plankton: Bei dem andauernden starken Regen sehr viel mineralischer auch organischer Detritus, ferner Holzfasern, Textilfasern, Stärkemehlballen (Brotreste), Häute von Perliden-Larven, Pinus-Pollen, Dipteren-Schuppen, auch einzelne Fäden von Cladothrix; außer einigen Arcellen, Surirella biseriata, Monura dulcis und Lepadella ovalis sind keine Lebewesen vorhanden.

b) Steine vom Grunde der Wisper weisen nirgends schwarzen oder schwärzlichen Belag auf; nur einige Röhrchen von Chironomiden-Larven und etwas Limnaeen-Laich findet sich auf ihnen.

Verunreinigungen zeigt die Wisper nicht.

XVI. Rhein bei Bacharach.

1. Ufer von Bacharach, linke Flußseite.

a) Pontonbesatz: Algensträhne von 40—50 cm Länge. Cladophora glomerata in perfekter Sporulation sowie mit noch geschwollenen Endzellen (Zoosporangien), nur wenig Besatz von Diatoma vulgare und Encyonema prostratum.

b) Flußboden: Steine mit vielen Larven von Chironomiden, auch von Hydropsyche, Nephelis und Kokons; einige Steine weisen Besatz der roten Alge Hildenbrandia rivularis auf.

(Wegen des niedrigen Wasserstandes ist selbst mit dem Boote nicht zum Bacharacher Werth zu gelangen, da bei der starken Strömung die Kribben hinderlich sind.)

2. Cauber Werth.

Westseite (auf der Ostseite zu starke Strömung), Flußboden: Nach drei längeren Dretschezügen nur Sand gehoben, der sich als azoisch erweist und frei von Schwefeleisen ist. Es finden sich nur einige Cladophora-Büschel und Triebe von Potamogeton pectinatus, auch bei weiteren Dretschezügen nur Sand. Die Buhnensteine sind teils mit Cladophora, teils mit Fontinalis bewachsen.

XVII. Rheinprofil bei St. Goar bis St. Goarshausen.

Temperatur des Wassers mittags $2^1/_2$ Uhr 19,4°, bei 17,4° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite (St. Goar). Sichttiefe 67.

a) Plankton: Typisches Rheinplankton, einzelne Flocken von Sphaerotilus natans auch makroskopisch zu sehen, geringe Mengen von Zellulosefasern. Vorwiegend im Plankton sind Brachionen, die Art angularis ist jetzt ebenso zahlreich wie amphiceros vertreten, mehr einzeln Asplanchna, Triarthra longiseta, Synchaeta pectinata und Pompholyx sulcata; wasserblütebildende Algen treten jetzt im Strome häufiger auf (wohl nach den letzten Regengüssen aus Altrheinen zugeschwemmt), an der Oberfläche des konservierten Planktons hatte sich eine grüne Schicht gebildet, die aus folgenden Arten bestand: Gomphosphaeria lacustris, Clathrocystis aerugionosa, beide häufig, Aphanizomenon flos aquae, Anabaena flos aquae und Anabaena macrospora, Oscillatoria agardhi, auch Botryococcus brauni; von anderen Algen kommen im Plankton noch vor: Dinobryon protuberans, Staurastrum polymorphum, Eudorina und Pandorina sind nicht mehr so häufig als an den vorhergehenden Tagen, einzeln noch Scenedesmus quadricauda, obliquus und arcuatus, Dictyosphaerium pulchellum, Golenkinia radiata, Actinastrum hantzschi mit var. fluviatile, Oocystis marssoni; Synura uvella, Ceratium cornutum und hirundinella, Peridinium quadridens, Colacium vesiculosum und einzeln Euglena oxyuris; von Protozoen: Tintinnidium fluviatile, Epistylis umbellaria und einige Acineten; von Diatomaceen neben den typischen Formen: Nitzschia vermicularis, acicularis und palea, Fragilaria virescens, Melosira varians, Pleurosigma attenuatum, Stephanodiscus hantzschi mit pusillus und Stephanodiscus astraea, Diatoma vulgare, Synedra actinastroides mit var. opoliensis, Surirella ovalis var. minuta u. a.

b) Flußboden: Steine allseitig besetzt mit Chironomiden-Larven in Röhren, auch mit solchen von Hydropsyche (imago einzeln am Ausschlüpfen); ferner Nephelis und Kokons, viel junger Gammarus pulex, auch alte Individuen, Polycelis, Cladophora und Fontinalis; auch eine größere Flasche findet sich besetzt mit genannten Larven und Nephelis-Kokons.

c) Pontonbesatz: Cladophora in 50 cm langen Strähnen mit Abscheidungen von Eisenhydroxyd, Fontinalis mit Vorticellen und Acineten; in $^1/_2$ m Tiefe findet sich mehr Vaucheria mit noch umfassenderen Eisenabscheidungen, hier viele Acineten; von Diatomaceen besonders Gomphonemen mit den Arten olivaceum, angustatum und constrictum.

B. Strommitte. Sichttiefe 58.

a) Plankton: Organismen wie in A, auch Sphaerotilus, von Aphanizomenon mehr Bündel, Brachionus angularis hier besonders häufig mit Colacium vesiculosum, neben viel Brachionus amphiceros auch rhenanus, einzeln Euchlanis und Gastropus stylifer, Notholca longispina und Polyarthra teilweise abgestorben.

b) Flußboden: Größere Steine mit dünnen Räschen von Cladophora, einzeln auch Stigeoclonium mit Oscillatoria-Bruchstücken bezw. von Phormidium, Larven von Chironomiden und Hydropsyche, Gammarus pulex u. a. Hildenbrandia fehlt hier.

C. Rechte Flußseite, St. Goarshausen. Sichttiefe 67. Eine Färbung durch Mainwasser ist nicht mehr wahrzunehmen.

a) Plankton: Organismen wie in A und B, doch hier Stephanodiscus hantzschi sehr häufig, auch mehr Scenedesmus obliquus und Pediastren, sowie viele Larven von Dreissensia.

b) Flußboden: Größere Steine mit obengenannten Larven, auf Schieferstücken auch Ephemeriden-Larven.

c) Pontonbesatz: Sehr lange Cladophora-Strähnen von 0,90 bis zu 1,44 m Länge, dazwischen viele Larven wie oben, auch wieder viel Eisenhydroxyd, Fontinalis mit ähnlichem Befund; von Kieselalgen hier vorwiegend Diatoma vulgare, von Rotatorien Rotifer vulgaris und Colurus uncinatus.

Zurzeit sind die Auslässe der beiden Städte St. Goar und St. Goarshausen nicht geöffnet; eine Verunreinigung des Flusses durch die beiden Städte wurde nicht festgestellt.

Einige auf der rechten Rheinseite gefundene charakteristische Organismen mögen darauf hindeuten, daß die auf der Rheingaustrecke sich rechts haltende Verunreinigung hier im Gegensatz zur linken Seite sich noch bemerklich macht; auch das auf der rechten Seite viel üppigere Wachstum der Cladophora mag durch mehr reichliche Nahrung mit organischer Substanz veranlaßt sein.

XVIII. Lahn.

Wassertemperatur am Morgen des 20. August $8^1/_2$ Uhr 16,3° bei 11,3° Lufttemperatur; Sichttiefe an der Eisenbahnbrücke 45. Reaktion des Wassers neutral.

a) Plankton, Sediment mit Säure weder Reaktion auf H_2S noch auf CO_2: Sehr viel organischer und mineralischer Detritus, auch Textilfasern, Stärke, Vogelfederreste, Moosfragmente und anderer Abfall; viel zersetzte Fäden von Ulothrix zonata (Zellen bereits sporuliert), auch einige Oedogonium-Fäden, wenig Cladothrix, einzeln Cryptomonas ovata, Scenedesmus quadricauda, Pediastrum boryanum u. a., viel lebende Nitzschia palea, auch Nitzschia acicularis, linearis und sigmoidea, Melosira varians, Navicula cryptocephala und rhynchocephala, Stephanodiscus hantzschi, Cocconeis, Synedra ulna sowie deren Schalen und solche von Surirellen; Arcella vulgaris, Chilodon uncinatus, Euchlanis, Brachionus urceolaris und angularis, alle diese nur einzeln, ebenso Nauplien, Cyclops, Häute von Alona und Insektenlarven, Eier von Dipteren und junge Chironomiden-Larven.

b) Flußboden, Strommitte: Lehmiger Schlamm zwischen den Steinen, diese oft dicht besetzt mit Röhren von Chironomiden-Larven; nach dem Absieben des Schlammes nur Kohlestücke und einige Triebe von Potamogeton fluitans.

In der Schleusenbucht enthielt der Schlamm viel vegetabilischen Abfall mit roten Larven von Chironomus und einigen von Perla, sonst nur Schalen von Sphaerium.

c) Besatz am Schleusentor: Viel junge Chironomiden-Larven, einzelne Häute von Phormidium autumnale mit Oscillatoria tenuis, ferner eine kleine Kolonie von Cristatella mucedo mit unreifen Statoblasten.

Die Lahn zeigt — wie auch bei den früheren Untersuchungen — an ihrer Mündung keine bemerkenswerten Verunreinigungen mehr.

XIX. Stiller Rheinarm bei Oberwerth.

Sichttiefe 55.

Nach dem Lande zu finden sich in der Ufernähe größere Bestände von Potamogeton perfoliatus, oberhalb derselben auf der Wasseroberfläche treiben zahlreiche Wasserläufer (Hydrometra) ihr Spiel; es finden sich auch kleinere Bestände von Potamogeton pectinatus. Beide Laichkrautarten zeigen folgenden Besatz: Vorwiegend Navicula cryptocephala, auch Stephanodiscus hantzschi häufig, mehr einzeln Navicula viridula u. a., Nitzschia palea, linearis und debilis, Cymbella cymbiformis, Melosira varians, Epithemia sorex u. a., ferner Euplotes charon mit braunem Inhalt, Stylonichia mytilus, Cryptomonas erosa, Cosmarium botrytis, Closterien, Euchlanis, Colurus, Rotifer, Diglena u. a., alle nur einzeln.

b) Plankton: Wenig Detritus, typische Rheinplanktonten mit viel Asterionella gracillima, gleichfalls viel Tabellaria, Synedra longissima und delicatissima, Fragilaria crotonensis, Cyclotella comta var. radiosa und quadrijuncta sowie melosiroides, Cyclotella meneghiniana, Stephanodiscus hantzschi mit pusillus und Stephanodiscus astraea, Synedra actinastroides häufig, Surirella splendida häufig, Surirella biseriata und ovalis var. ovata, Diatoma elongatum in längeren Ketten, die anfangs genannten verschiedenen Arten der dünnfädigen Melosiren, Melosira varians, Synedra ulna, splendens, Cymatopleura solea, Epithemia sorex, Microneis minutissima, verschiedene Gomphonema-Arten, Cocconeis usw. Attheya zachariasi nicht gefunden. Zahlreich kommt auch Pandorina vor, Eudorina etwas seltener, ferner die oben genannten Dinobryon-Arten, beide Ceratien, drei Peridinium-Arten und Gymnodinium penardi, Synura, Scenedesmen und mehrere Pediastrum-Arten, Rhaphidium, Dictyosphaerium, Actinastrum, Sphaerocystis und die anderen oben genannten Pleurococcaceen-Gattungen, verschiedene Closterien und Staurastren, Cosmarium botrytis, Cryptomonas erosa, Euglena acus und viridis einzeln, Lyngbya limnetica, Oscillatoria limosa und einige Phormidientrichome, Oscillatoria agardhi jedoch nur einzeln, ebenso Gomphosphaeria lacustris; von Protozoen: Codonella lacustris nicht häufig, einzeln Tintinnidium fluviatile, ebenso Stentor igneus, Difflugia hydrostatica, Arcella, Vorticellen, Diplosigiopsis auf Asterionella; von Rotatorien nur wenige, am meisten noch Synchaeta tremula und Polyarthra platyptera, einzeln Anuraea cochlearis mit tecta, Brachionus amphiceros und rhenanus, Asplanchna, Triarthra, Conochilus, Lepadella, Diglena u. a., wenig Larven von Dreissensia, einzeln Chydorus, keine Copepoden aufgefunden, aber wie auch im Mai wieder Cercarien von Gasterostomen. An Stellen etwas weiter oberhalb zeigt das Plankton eine ganz ähnliche Zusammensetzung, in wenigen Zügen mit dem kleinen Netze werden auch hier 20 ccm Plankton gefischt.

c) Bodengrund: In wenigen Dretschezügen (bei kurzem Anziehen) ist schon der Dretschebeutel gefüllt mit modrig riechendem grauschwarzem Schlamm, der abgesiebt viele faulende Blätter hinterläßt, dazwischen viele rote Chironomus-Larven, Muscheln (Unio und Sphaerium corneum var. nucleus) und von Schnecken Lithoglyphus naticoides wie im Mai mit Eiern auf der Schale, sowie einzeln Bythinia und Valvata.

d) In einem Stück auf dem Wasser treibender Schlacke werden mehrere Käfer (Agabus maculatus und Haliplus sp.) aufgefunden.

Das Plankton erweist sich in dem stillen Wasser des Oberwerther Rheinarmes wieder als sehr reich an Organismen, besonders von Schwebealgen, von denen fast 60 verschiedene Arten gefunden werden. Es muß immer wieder hervorgehoben werden, daß diese in den stillen Rheinbuchten besonders während der wärmeren Jahreszeit zur Massenentfaltung gelangenden kleinen Pflänzchen bei ihrer anorganischen Ernährungsweise als Sauerstoffproduzenten sowie auch bei ihrer organischen durch direkte Aufnahme gelöster organischer Substanz für die Selbstreinigung der Gewässer eine sehr bedeutende Rolle spielen. Ohne ihre Zuschwemmung aus den verschiedenen im August und früher untersuchten Buchten würde der Rhein kein so reiches und reichhaltiges Plankton aufweisen, wie es wohl erst jetzt durch diese biologischen Untersuchungen bekannt wird. Natürlich gebührt auch der Mikrofauna ein nicht unerheblicher Anteil bei der Selbstreinigung des Flusses; gewisse Protozoen (deren Arten erst in der kalten Jahreszeit bei ihrer größeren Häufigkeit, namentlich bei Anwesenheit von im Winter zahllos treibenden Pilzen festgestellt werden sollen), Rädertiere, Krustazeen und andere Tiergruppen kommen als Bakterienfresser und Detritusverminderer dabei in Betracht. Im August treten diese Planktozoen in den untersuchten stillen Buchten gegenüber den Pflänzchen (mit Ausnahme der etwas verunreinigten Casteler Lache) und besonders bei Oberwerth mehr zurück, sowohl an Arten- als an Individuenzahl. Auf dem Grunde des Oberwerther Rheinarmes werden im August nicht so reichlich Mollusken gefunden wie bei den beiden früheren Untersuchungen, vermutlich deshalb, weil im Sommer dieser Rheinarm ausgebaggert war. Parasiten von Schnecken und Fischen werden jedoch im August wie schon im Mai freischwebend im Wasser gefangen.

XX. Rhein bei Coblenz.

Wassertemperatur am 21. August früh 8 Uhr 18,2° bei 17,0° Lufttemperatur; Coblenzer Pegel 2,12. Trotz des während der letzten Tage im Untersuchungsgebiet niedergegangenen starken Regens ist der Rheinwasserstand hier nicht wesentlich beeinflußt, da ein schnelles Steigen mehr durch die Zuflüsse des Oberrheins bedingt sein soll.

A. Linke Flußseite, Coblenz. Sichttiefe 80.

Besatz an den Pontons der Schiffbrücke: Watten von Vaucheria mit etwas Sphaerotilus, von Diatomaceen hauptsächlich Synedra ulna mit splendens, Diatoma vulgare mit var. lineare, Melosira varians u. a., viele junge Larven der Gattungen Chironomus und Tanypus, einzelne Fettropfen, in Büscheln von Cladophora finden sich viel mehr derselben angetrieben, zwischen Fontinalis mehr Rotifer vulgaris und Nematoden. In $^1/_2$ m Tiefe derselbe Befund.

B. Strommitte, Sichttiefe 69.

Pontonbesatz wie bei A, jedoch noch einige Chantransia-Rasen mit Oligochaeten; zwischen Vaucheria Abscheidungen von Eisenhydroxyd.

In $^1/_2$ m Tiefe mehr Nematoden und viel mineralischer Detritus, einzeln Ulothrix zonata ohne Besatz von Kieselalgen.

C. Rechte Seite, Ehrenbreitenstein, Sichttiefe 79.

Pontonbesatz: Wie links und Mitte, jedoch hier noch Larven von Ceratopogon, die Vaucheria-Watten weisen häufig Acineten auf, namentlich in $^1/_2$ m Tiefe, von ziliaten Protozoen nur einzelne Individuen.

In Betracht kommende Unterschiede im Vorkommen gewisser Lebewesen machen sich im Pontonbesatz der Schiffbrücke an keiner Stelle bemerkbar. Saprobe Organismen, welche schwächere oder stärkere Verunreinigungen angezeigt hätten, können nicht aufgefunden werden, wenn man nicht die auf der rechten Seite nicht selten vorkommenden Acineten als solche ansprechen will. Von Fadenalgen tritt neben Cladophora mehr Vaucheria auf, gleichfalls Fontinalis, welches Moos mit Vaucheria mehr in der Tiefe wucherte. Diatomaceenbesatz ist nur in geringen Mengen vorhanden; der auffällige Befund von nur kleinen Algenflocken besonders der Cladophora findet in den Angaben der Beamten seine Erklärung, daß die Pontons von Zeit zu Zeit dieses Besatzes entledigt werden müssen. Erst kürzlich soll das der Fall gewesen sein, da die Pontons neu angestrichen werden mußten. Aus dem Grunde kann die Vegetation an den Pontons für die Beurteilung nur in geringem Maße verwertet werden.

XXI. Mosel bei Coblenz.

Wassertemperatur nachmittags $3^1/_2$ Uhr 18,3° bei 19,4° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite, jenseits des Parallelwerkes, Sichttiefe 70 (hier verkehren viele kleine Boote).

a) Plankton mit Säure nur geringes Aufbrausen, gar keine Reaktion auf H_2S: Organischer und mineralischer Detritus, unter ersterem besonders animalischer, wie Hüllen von Insektenlarven und desgl., auch Textilfasern sind nicht selten, namentlich von Baumwolle; sonst vorwiegend Scenedesmen (quadricauda, obliquus, acuminatus und bijuga), Pediastren (boryanum var. longicorne und brevicorne, duplex var. reticulatum und genuinum), Pandorina morum, Chlamydomonas monadina, ganz einzeln Clathrocystis aeruginosa, Chladophora- und Ulothrix-Fäden; von Diatomaceen am meisten Stephanodiscus hantzschi, mehr einzeln Diatoma vulgare, Melosira tenuis, Nitzschia linearis und sigmoidea, Navicula cryptocephala, Surirella splendida und ovalis var. ovata, Stauroneis phoenicenteron, Synedra ulna, Cyclotella meneghiniana; einzeln Arcella, Difflugia pyriformis (beide auch abgestorben) und Cyphoderia; von Rotatorien Anuraea tecta, Brachionus urceolaris und rhenanus, Polyarthra und Conochilus, sonst noch Nauplien, einzeln Chydorus, Bosmina und Canthocamptus.

b) Flußboden: Schlamm nicht stinkend; ein mitgehobener eiserner Faßreifen ist dicht besetzt mit Röhrchen von jungen Chironomidenlarven, auch einzelne große rote Chironomus-Larven finden sich dazwischen, ferner kleinere und größere Dreissensien, junge Sphaerium dickini und Unio batavus.

B. Strommitte, Sichttiefe 120.

a) Plankton: Dieselben Organismen, auch noch Synedra actinastroides und delicatissima, von Rotatorien Euchlanis und Floscularia mutabilis, auch Cyclops und junge Chironomidenlarven.

b) Flußboden: Ähnlicher Befund wie links an Larven und Muscheln, ferner Bythinia, Lithoglyphus und Neritina.

C. Rechte Seite (Coblenz), Sichttiefe 138.

a) Plankton: Dieselben Organismen wie vorher aufgeführt, auch Cyclotella quadrijuncta, ganz einzeln schwärmende Vorticellen und Acineta grandis.

b) Flußboden (die Notauslässe sind seit längerer Zeit nicht geöffnet worden): Schlamm stinkend und von tief schwarzer Farbe; die meisten Steine weisen einen schwarzen Belag von Schwefeleisen auf; dazwischen viel Nephelis vulgaris und auf den Steinen selbst viele ihrer Kokons, überall auch Larven von Chironomiden sowie von Hydropsyche; häufig ist ferner Bythinia tentaculata (mit einem lang ausgeholten Dretschezuge werden 31 dieser Muscheln gehoben!), nicht selten Vivipara fasciata, ältere und jüngere, Ancylus fluviatilis, Asellus aquaticus, Gammarus pulex und fluviatilis; Sphaerotilus findet sich nirgends, als Steinbesatz außer Schwefeleisen kleine Cladophora-Büschel und einzelne Oscillatoria-Fäden. Ein mit dem stinkenden Schlamm zugleich gehobener Mineralwasserkrug ist auf der Außenseite besetzt mit Larven von Chironomiden und Hydropsyche sowie mit Nephelis-Kokons.

Auch bei der Augustuntersuchung erweist sich das Moselwasser als nicht verschmutzt, ebensowenig der Flußgrund auf der linken Seite und in der Mitte; dagegen macht sich am Grunde der rechten Seite unterhalb der Coblenzer Siele, die zur Zeit der Untersuchung nicht geöffnet sind, eine alte Verunreinigung sowohl durch viel stinkenden schwarzen Schlamm als auch besonders durch schwarzen Belag von Schwefeleisen auf den meisten Steinen bemerkbar. Die Rotalge Hildenbrandia wird wohl deshalb als Steinbesatz nicht mehr gefunden.

XXII. Hellinghafen und Kribben. (Laichschonrevier.)

1. Hellinghafen.

a) Plankton: dasselbe zeigt keinen Unterschied mit dem der Mosel, nur ist es etwas reichlicher und einzeln kommt hier Bacillaria paradoxa vor.

b) Steine des Grundes: Mit vielen Larven von Chironomiden und Hydropsyche, kleine Bythinia tentaculata und Laich von Gulnaria.

c) Größere Bestände von Najas major.

2. Vorderes Kribbenbecken, an der Moselseite.

a) Wasserpflanzen in größeren Beständen, besonders wieder Najas major, ferner Limnanthemum nymphaeoides in Blüte, Myriophyllum spicatum, Polygonum amphibium, dazwischen Spirogyra-Watten.

b) Plankton: Viel Colacium vesiculosum, teils freischwimmend, teils an Cyclops und Nauplien, welche hier häufig sind, gleich häufig ist Bosmina longirostris-cornuta, nicht selten Diaphanosoma brachyurum namentlich in Jugendstadien; von Rotatorien viel Polyarthra platyptera mit Eiern, zuweilen mit einer Chlamydomonas Art besetzt,

die auch an Krustazeen vorkommt[1]), neben Polyarthra platyptera kommt auch nicht selten forma euryptera vor, mehr einzeln Synchaeta tremula; von Diatomaceen findet sich hier wieder Bacillaria paradoxa, aber nur ganz einzeln, wenig mehr Cyclotella meneghiniana, Cocconeis placentula, Coscinodiscus lacustris, Navicula cryptocephala, Stephanodiscus astraea, Pleurosigma attenuatum und Microneis minutissima; einzeln ferner Difflugia pyriformis, Eudorina elegans, Pediastrum boryanum, Scenedesmus bijugatus, Merismopedium glaucum, Coelastrum microporum; Dinobryen, welche im Mai hier in Mengen vorkamen, nur ganz vereinzelt.

3. Kribbenbecken nach der Rheinseite zu:

a) Größere Bestände von Najas und Limnanthemum wie im ersten Becken, dazwischen häufig Sida crystallina, einzeln auch Rotifer und Vorticellen; auf dem Grunde des ziemlich klaren Wassers sind größere Stöcke von grünen Schwämmen zu bemerken, die ohne Gemmulae gefunden werden, doch durch den Besitz von sog. Fleischnadeln als Euspongilla bezeichnet werden müssen.

b) Plankton: Organismen wie im oberen Becken, doch von Rotatorien hier noch Synchaeta pectinata und einzeln Asplanchna priodonta sowie Anuraea cochlearis. Polyarthra ist hier ebenso häufig, auch Nauplien und Bosminen, einzeln Cyclops und Diaptomus auch mit Colacium und Chlamydomonas, ferner Chydorus; von Diatomaceen außer den oben genannten nur ganz einzeln vorkommend Fragilaria capucina und Nitzschia palea, keine Attheya, sonst noch vereinzelt Closterium acerosum, Merismopedium glaucum, einige Pediastren und Scenedesmen.

Im Laichschonrevier hat sich während der warmen Jahreszeit eine üppige Flora von höheren Wasserpflanzen entwickelt, auch das Nixenkraut (Najas), das sich früher nur in einzelnen Zweigen vorfand, wuchert überall in diesem Gebiete bis in die Mosel hinein. Zwischen diesen Pflanzen finden sich viele größere Krustazeen (Sida), sowie mehr freischwimmend im Becken auch große Mengen von kleineren, Daphniden, Copepoden u. a. mit ihren Entwickelungszuständen; diese Kruster bilden in den stillen Buchten ein vorzügliches Futter für die Fische, ihre Jugendzustände sowie die vielen Rädertiere auch für die Fischbrut, sodaß die hier angelegten Laichplätze ganz ihren Zweck zu erfüllen scheinen. Die häufig gefundene Bosmina wie gleichfalls die Sida ist wegen ihres Reichtums an Albuminaten und Fett besonders geeignet, die jungen Fische zum schnellen Aufwachsen zu bringen. Das Zurücktreten der Mikroflora, der Diatomaceen und grünen Schwebealgen im Gegensatz zu den früheren Untersuchungen wäre nach den bisherigen Anschauungen dadurch zu erklären, daß die hier so reich wuchernden Wasserpflanzen sich der meisten pflanzlichen Nährstoffe bemächtigen; es nehmen jedoch nach den neuesten Versuchen von Raymond H. Pond die im Boden wurzelnden Wasserpflanzen ihre Nahrung aus diesem auf; sind diese Arbeiten richtig, so blieben hier als Nahrungskonkurrenten des Phytoplanktons allein die Spirogyra-Watten, welche aber der Menge nach den höheren Wasserpflanzen gegenüber nicht so sehr in Betracht kommen können.

---

[1]) E. Lemmermann-Bremen erklärt diese Alge als eine neue Art und möchte sie als Chlamydomonas epiphytica bezeichnen.

XXIII. Rhein bei Niederwerth.

Treibende Flocken von Wasserpilzen sind nirgends zu bemerken.

A. Linke Flußseite (Moselseite), Sichttiefe 108 (Moselmitte 120).

a) Plankton 10 m vom Ufer entfernt: Sehr viel Detritus, auch organischer wie in der Mosel, wenig typische Rheinplanktonten, meist Organismen wie in der Mosel und auch im Kribbenbecken festgestellt: Floscularia mutabilis mit Dauerei u. a. Rotatorien, sonst noch einzeln Rotifer und Actinurus neptunius, Stephanodiscus hantzschi, Cyclotella comta, Surirella splendida, Melosira tenuis, Synedra actinastroides, junge Chironomidenlarven, junge Diaphanosoma und Spiculae.

b) Flußboden: Nichts.

c) Ufersteine: Unten besetzt mit Schlammröhren junger Chironomiden, auch mit solchen von gestielter Bauform; oben mit Cladophora von nur 1 cm Länge, dazwischen einzeln Clepsine bioculata, auch einzelne Larvengehäuse von Leptocerus und Rhyacophila; mikroskopisch: Diatoma vulgare, Melosira varians u. a., Closterium leibleini und einige Nematoden.

B. Strommitte, Sichttiefe 73.

a) Plankton an der Oberfläche sowie in $1^{1}/_{2}$ m Tiefe gefischt. Sediment gibt mit Säure schwache Reaktion auf H_2S. Viel mineralischer Detritus, typische Rheinplanktonten wie bei Weisenau aufgeführt, vorwiegend Tabellaria, auch Asterionella und schlanke Synedren nicht selten, etwas seltener die dünnfädigen Melosiren, auch Fragilaria crotonensis, einzeln capucina, Synedra actinastroides, ganz einzeln Grundformen wie Pleurosigma attenuatum u. a.; von Algen ist Eudorina am meisten vertreten, weniger Pandorina, Pediastrum duplex var. clathratum und reticulatum, Pediastrum boryanum, Dinobryon cylindricum var. divergens, Synura uvella, Botryococcus, Sphaerocystis, Scenedesmen, Dictyosphaerium und andere Protococcoideen, Cryptomonas erosa, Colacium vesiculosum an Cyclops und Nauplien, die wie immer im freien Rheinstrome mehr einzeln vorkommenden Bosminen, nicht selten ist noch Ceratium hirundinella, mehrere Peridinium-Arten, Staurastrum paradoxum, Gomphosphaeria lacustris, Aphanizomenon in Bündeln, ganz einzeln Clathrocystis aeruginosa; Difflugia pyriformis; Brachionus pala-amphiceros, angularis und bakeri, Synchaeta pectinata und tremula, Polyarthra, Triarthra, Asplanchna priodonta (meist mit Tabellarien als Nahrung), Anuraea cochlearis mit tecta, Monostyla lunaris u. a.

Zwischen Oberflächen- und Tiefenplankton ist kein wesentlicher Unterschied zu konstatieren.

b) Flußboden: Viele größere Steine meist glatt und ohne Besatz; bei anderen, welche Vertiefungen haben, darin Chironomiden-Larven und solche von Rhyacophila und Hydropsyche.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 75.

a) Plankton (Sediment gibt schwache Reaktion auf H_2S): Auch viel mineralischer Detritus, Organismen wie in der Mitte, gleichviel Eudorina, doch etwas mehr Brachionus amphiceros, dann noch Stentor roeseli einzeln; ferner schwimmende Statoblasten von Plumatella repens, sowie junge Larven von Corethra plumicornis, Oscillatoria agardhi kommt hier nicht mehr vor, ebensowenig Sphaerotilus, ferner auch keine Oscillatorien-

Bruchstücke wie im Mai häufig, nur wenige Trichome wohl von Oscillatoria limosa sind bei längerer Durchmusterung der Planktonproben zu bemerken; nur auf der rechten Seite treiben noch ganz einzeln Zellulosefasern.

An dem in 2$^1/_2$ Tiefe gefischten Plankton ist kein Unterschied mit dem von der Oberfläche gefischten in der Zusammensetzung zu bemerken.

b) Flußboden: Größere Steine mit Spongillen und Nephelis-Kokons, auch große Egel, Larven von Hydropsyche und sehr viel junge von Chironomiden, Dendrocoelum lacteum, Clepsine bioculata, sehr häufig ist Gammarus pulex in jüngeren und in älteren Individuen, einzeln noch junge Notonecta und andere Larven.

Wie schon bei Aufführung der auf der oberen Rheinstrecke bei Weisenau im Plankton (einen Tag später wie bei Niederwerth untersucht) vorkommenden Organismen bemerkt wurde, ist kein wesentlicher Unterschied festzustellen. Der Wasserpilz Sphaerotilus natans tritt während der warmen Jahreszeit bei Niederwerth nicht mehr auf, während er bei Weisenau unterhalb stärkerer Verunreinigungsquellen noch gefunden wird. Die Fauna des Grundes ist dagegen bei Niederwerth und auch schon auf den weiter oberhalb untersuchten Strecken eine mannigfaltigere und reichere geworden, namentlich kommen hierbei verschiedene Insektenlarven in Betracht, vor allem die der Chironomiden, welche sich auf der Strecke nach Millionen berechnen lassen. Je weiter der Rhein zu Tal fließt und ihm mehr unlöslicher Abfall zugeführt wird, desto mehr scheint sich auch die gröbere Fauna des nicht mehr in stetiger Bewegung befindlichen Grundes zu vermehren.

Die durchschnittliche Sichttiefe des Rheins auf der Strecke Weisenau-Coblenz, Verdünnung durch Moselwasser nicht mit eingerechnet, berechnet sich für die

linke Flußseite auf 70,
für die Strommitte auf 64,
und für die rechte Seite auf 60,

die durchschnittliche Sichttiefe der stillen Buchten, die wesentlich durch den Reichtum an Plankton bedingt ist, auf 60 cm.

Beitrag zur Kenntnis der Phagocytose und der Herkunft des Komplements.

Von

Prof. **Dr. F. Neufeld,**

Regierungsrat im Kaiserl. Gesundheitsamte.

Die von mir im Verein mit meinen Mitarbeitern in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen haben zu dem Ergebnis geführt, daß der durch spezifische, thermostabile Serumstoffe bedingten Phagocytose bei der erworbenen Immunität gegenüber gewissen Krankheitserregern die ausschlaggebende Rolle, gegenüber einer Reihe von anderen Bakterien dagegen eine wichtige Rolle neben der bakteriziden Wirkung der Körpersäfte zukommt.

Dabei sind wir zu der Ansicht gekommen, daß in diesen letzteren Fällen die Phagocytose, obwohl sie gleichzeitig mit der Bakteriolyse vorkommt, dennoch nicht durch die bakteriolytischen Ambozeptoren, sondern durch spezifische Antikörper eigener Art, die wir als Bakteriotropine bezeichnen, bedingt wird. Das gleiche ergab sich bei den gegen Blutkörperchen fremder Spezies gerichteten Antikörpern; auch hier konnten wir die Verschiedenheit der cytotropen von den cytolytischen Antistoffen nachweisen.

Im folgenden soll versucht werden, diese Anschauung durch den Nachweis zu ergänzen, daß die Auflösung der aufgenommenen Zellen oder Bakterien innerhalb der Phagocyten ohne Mitwirkung von Komplement vor sich geht, so daß also bei den gesamten, von dem cytotropen oder bakteriotropen Immunserum ausgelösten Phänomenen weder Ambozeptoren noch Komplemente beteiligt sind.

Neben der eigentlichen cytotropen Serumwirkung kann im komplementhaltigen Serum noch eine zweite Art von Phagocytosebeförderung vorkommen, indem durch Zusammenwirken von Ambozeptoren und Komplement zunächst ein bakteriolytischer Prozeß eingeleitet wird, an den sich sekundär eine Phagocytose anschließt (1). Zur Entscheidung über die Frage, ob die Verarbeitung der aufgenommen Zellen oder Bakterien innerhalb der Leukocyten mit Hilfe von Komplement geschieht, kommen natürlich nur Versuche in Betracht, in denen die Phagocytose durch komplementfreies Serum hervorgerufen ist, wo also von außen her kein Komplement in die Leukocyten eingeführt sein kann.

Bevor ich auf das Thema eingehe, möchte ich einige Bemerkungen vorausschicken, welche durch inzwischen erschienene Arbeiten veranlaßt sind.

Rimpau und ich fanden, daß unsere Strepto- und Pneumokokkenimmunsera sowohl im Tierkörper, wie im Reagensglase ausschließlich Phagocytose, aber keine Bakteriolyse hervorriefen. Ich möchte nun einigen späteren Angaben [u. a. von Kruse (2), Reisch (3)], gegenüber bemerken, daß ich bisher in der Literatur keinen Beweis dafür gefunden habe, daß andere Stämme der genannten Bakterien oder andere Immunsera sich hierin anders verhalten, wie die damals von uns untersuchten. Bei gegenteiligen Behauptungen fehlt entweder der Nachweis der maximalen Virulenz der betreffenden Stämme (wir haben die Wichtigkeit dieses Momentes oft betont), oder es handelt sich um eine Verwechslung von bakteriolytischen mit Agglutinationsphänomenen. Gerade bei Pneumokokken treten in Verbindung mit der Agglutination Quellungserscheinungen auf, die eine beginnende Auflösung vortäuschen können, in Wirklichkeit aber nichts damit zu tun haben (4). Merkwürdigerweise wird aber auch das altbekannte Kettenwachstum der Streptokokken im spezifischen Serum (ein Analogon der Fadenreaktion Pfaundlers) bisweilen noch mit bakterizider Serumwirkung verwechselt. Hiervor sollte schon der Umstand schützen, daß die genannten Phänomene nicht an das Vorhandensein von Komplement gebunden sind.

Die erste Frage, die wir uns über die Natur des phagocytosebefördernden Antikörpers vorlegten, war die, ob er auf Leukocyten, oder auf die Bakterien oder vielleicht auf beide wirkt. Diese Frage war bis dahin noch nicht experimentell entschieden worden.

Wir konnten durch eine unzweideutige Versuchsanordnung, nämlich den Ehrlich-Morgenrothschen Bindungsversuch, zunächst für die Antikörper des Streptokokken- und Pneumokokkenserums, bald darauf auch für das durch Immunisierung mit Blutkörperchen erhaltene Serum zeigen, daß die Immunsubstanzen ausschließlich auf die zugehörigen Bakterien (oder Zellen) und nicht auf die Leukocyten wirken. Hiermit war zum ersten Male die bekannte Theorie Metschnikoffs widerlegt, wonach die Wirkung gewisser Immunsera in einer Stimulierung der Phagocyten bestehen sollte. Diese Widerlegung erscheint mir prinzipiell wichtig, erstens weil es sich um eine von der französischen Schule jahrelang verteidigte Hypothese handelt und zweitens weil der von uns zum ersten Mal geführte Nachweis, daß die phagocytosebefördernde Substanz der Immunsera ausschließlich zu den Bakterien Verwandtschaft hat, eine Brücke zwischen den Grundgedanken der Ehrlichschen Anschauungen und der bis dahin in Deutschland nahezu allgemein abgelehnten Phagocytentheorie bildet.

Ich hatte geglaubt, daß dieser Punkt bereits genügend klargestellt sei; aus einigen neueren einschlägigen Arbeiten, z. B. dem jüngst erschienenen Artikel von Beitzke (5) ersehe ich jedoch, daß die wiederholten entgegengesetzten Darstellungen einiger Anhänger Wrights nicht ohne Einfluß geblieben sind.

Diesen Darstellungen zufolge soll die Stimulintheorie von Wright und Douglas durch folgenden Versuch widerlegt worden sein, der einige Zeit vor unserer ersten Mitteilung veröffentlicht, mir jedoch nicht bekannt geworden war. Wright und Douglas (6) fanden, daß Staphylokokken von (menschlichen) Leukocyten lebhaft aufgenommen wurden, sobald frisches Normalserum (von Menschen) hinzugefügt wurde; dagegen blieb die Phagocytose viel geringer, wenn das Serum vorher auf 55—60°

erhitzt worden war, und ebenso wenn es einige Tage gestanden hatte. Nun brachten Wright und Douglas in das frische Normalserum nur die Kokken hinein; nachdem das Gemisch einige Zeit gestanden hatte, wurde es auf 60° erhitzt und jetzt erst die Leukocyten zugefügt. Bei dieser Versuchsanordnung trat reichliche Phagocytose ein. Hieraus geht hervor, daß der thermolabile Stoff, auf welchem bei einem derartigen Versuche die Phagocytose beruht, auf die Bakterien wirkt. Ob daneben noch etwa eine direkte Einwirkung auf die Leukocyten stattfindet, bleibt, wie die Autoren selbst zugeben, unentschieden.

Wenn man aber hiervon auch absehen wollte, so hat der ganze Versuch mit der Stimulintheorie Metschnikoffs nicht das geringte zu tun; denn bei den Metschnikoffschen „Stimulinen“ handelt es sich erstens um Stoffe des Immunserums, nicht des Normalserums, und zweitens um thermostabile Stoffe, auf welche also schon ihrer Hitzebeständigkeit wegen die Versuchsanordnung von Wright und Douglas überhaupt nicht anwendbar wäre.

Die Grundlagen der Stimulintheorie bilden die 1892 veröffentlichten Untersuchungen Metschnikoffs (7) über die aktive und passive Immunisierung von Kaninchen gegen Hogcholerabakterien. Metschnikoff gewann von immunisierten Kaninchen ein Serum, welches andere Kaninchen gegen die Infektion schützte; dieses Immunserum besaß weder antitoxische noch bakterizide Eigenschaften, noch ließ es, wie eingehende Versuche ergaben, irgend eine sonstige direkte Einwirkung auf die Bakterien, etwa eine Virulenzabschwächung derselben erkennen; dagegen hatte es eine stark gesteigerte Phagocytose zur Folge. Hieraus folgerte Metschnikoff: „Ce n'est donc le microbe qui est modifié par l'action du sérum préventif, mais bien l'organisme traité . . . le sérum préventif, dans l'exemple du hog-choléra du lapin, agit en stimulant les phagocytes“. In der Tat sind diese Untersuchungen sehr bedeutungsvoll, denn sie lehren, daß es neben der antitoxischen und bakteriziden noch eine dritte Art von Immunität geben muß. Die gleiche Theorie ist dann von Metschnikoff und seinen Schülern für zahlreiche andere Bakterienarten, so noch 1904 von Besredka ausführlich für Streptokokken begründet worden, und allgemein unter dem Namen der Stimulintheorie bekannt.

In späteren Arbeiten hat Metschnikoff auch bei andern nicht spezifischen Vorgängen von einer „Stimulierung“ der Phagocyten gesprochen, und zwar bei Vorgängen, die von den deutschen Autoren meist als Resistenzerscheinungen bezeichnet werden. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Versuch von Wassermann (8), in welchem ein Meerschweinchen durch Einspritzung von 3 ccm normalen Kaninchenserums gegen die gleichzeitige intraperitoneale Injektion der 40fach tödlichen Dosis einer virulenten Typhuskultur geschützt wurde; diesen Schutz führt Metschnikoff auf die Stimulinwirkung des Normalserums zurück. Man könnte darum denken, daß wenigstens diese Annahme durch das von Wright und Douglas mit normalem Serum ausgeführte Experiment widerlegt würde; dies ist jedoch nicht der Fall, denn auch hier wird die Schutzwirkung durch erhitztes Serum bewirkt und Metschnikoff zieht hieraus ausdrücklich den Schluß, daß auch die stimulierende Wirkung des Normalserums bei 60° erhalten bleibt.

Soweit mir bekannt ist, hat überhaupt niemand dem frischen Serum im Gegensatz zum erhitzten eine Stimulinwirkung zugeschrieben; ich wüßte daher nicht, wessen Theorie durch den Erhitzungsversuch von Wright und Douglas widerlegt sein sollte.

Nun haben aber inzwischen Versuche, die unabhängig voneinander an drei verschiedenen Stellen, nämlich von Muir und Martin (10), von Levaditi, Inmann und Kößler (11, 12) sowie von Hüne und mir (13) mit dem gleichen Resultat ausgeführt worden sind, die von vornherein sehr wahrscheinliche Annahme bestätigt, daß die phagocytosebefördernden Stoffe von Wright und Douglas nichts anderes sind, als Normalambozeptoren und Komplemente. Durch diese wird offenbar in vielen Fällen, ohne daß es zu einer vollständigen Abtötung der Bakterien kommt, die Phagocytose ausgelöst. Hiernach haben also Wright und Douglas gar keine neuen Stoffe vor sich gehabt und ihr viel zitiertes Experiment beweist nur, was niemand bezweifelt hat, daß nämlich das Komplement des Serums auf die Bakterien und nicht auf die Leukocyten wirkt[1]).

Bereits in unserer ersten Mitteilung haben Rimpau und ich folgende Frage aufgeworfen: hat der bakteriotrope Antikörper nur die Funktion, die Aufnahme des Bakteriums in den Leukocyten zu vermitteln oder ist er, im Verein mit einem im Innern des Phagocyten supponierten Komplement, auch an der Verdauung des Bakteriums beteiligt? Im ersteren Falle würde es sich um einen Immunkörper eigener Art, im letzteren um einen den bekannten Ambozeptoren wenigstens nahestehenden handeln, welcher nur sein ergänzendes Komplement im Leukocyten anstatt im freien Serum fände. Dann sollte man aber annehmen, daß sich das (hypothetische) Komplement auf irgend einem Wege aus den Leukocyten extrahieren lassen müßte; dies gelang uns bei unsern Versuchen mit Strepto- und Pneumokokken jedoch auf keine Weise. Ich kann hier hinzufügen, daß auch einige später von mir gemachte Versuche völlig negativ ausgefallen sind.

Wenn hierdurch auch die Annahme bereits sehr wahrscheinlich gemacht wurde, daß wir einen neuartigen Antikörper, nicht einen vom Typus der Ambozeptoren vor uns hatten, so habe ich es dennoch für ratsam gehalten, diese Frage so lange offen zu lassen, bis die in Gemeinschaft mit Töpfer (14) gemachten Untersuchungen über Hämotropin mit Bestimmtheit das Vorhandensein eines mit dem Hämolysin nicht identischen Antikörpers ergaben, den wir nunmehr berechtigt waren, mit einem eigenen Namen als bakteriotrope bezw. cytotrope Substanz zu bezeichnen[2]).

[1]) Hüne und ich haben in der erwähnten Mitteilung schon betont, daß unserer Ansicht nach im übrigen das Interesse an der von Wright und Douglas, Gruber und Futaki, Löhlein u. a. studierten Phagocytosebeförderung durch frisches, komplementhaltiges Serum dadurch nicht beeinträchtigt wird, wenn diese Erscheinung nicht auf neue, sondern auf altbekannte Stoffe zurückgeführt wird.

[2]) Bei der Fülle von neuen Bezeichnungen, die in der Immunitätslehre in den letzten Jahren aufgetaucht sind, halte ich es für geboten, für einen Immunstoff erst dann einen neuen Namen vorzuschlagen, wenn man triftige Beweise dafür beibringen kann, daß es sich wirklich um einen neuartigen Stoff handelt. Kürzlich sind Muir und Martin (27) durch eingehende Untersuchungen, die die Befunde von Hüne und wir bestätigen, ebenfalls zu dem Schlusse gekommen, daß Tropine und Opsonine zwei völlig verschiedenen Klassen von Antikörpern angehören. Es darf wohl erwartet werden, daß nunmehr auch die englischen Autoren aufhören werden, die Tropine ferner als Opsonine zu bezeichnen, was dauernd zu Mißverständnissen Anlaß gegeben hat.

Durch die von mir in Gemeinschaft mit Hüne und mit Bickel, sowie durch die von Barrat (15) und von Hectoen (16) veröffentlichten Arbeiten ist diese Auffassung weiterhin bestätigt worden.

Ich glaubte nun, die eingangs aufgeworfene Frage in Angriff nehmen zu sollen, ob die Vernichtung von Bakterien und Zellen im Innern von Phagocyten unter Mitwirkung von Komplement vor sich geht. Diese Frage schließt sich unmittelbar an die vorher erörterte an: identifiziert man die bakteriotropen Stoffe mit den lytischen Ambozeptoren, so muß man folgerichtig annehmen, daß sie im Innern des Leukocyten ein passendes Komplement verankern, und daß durch das Zusammenwirken beider Körper die Auflösung der aufgenommenen Elemente in derselben Weise wie sonst im Serum vor sich geht. Läßt sich dagegen nachweisen, daß im Innern der Phagocyten kein Komplement in Tätigkeit tritt, so fällt hiermit eigentlich schon jeder Grund fort, die Tropine als Amboceptoren anzusehen; denn hierunter verstehen wir ja Körper, welche die Funktion haben, ein Bakterium oder eine Zelle der Einwirkung von Komplement zugänglich zu machen.

Die Beziehungen der Leukocyten zum Komplement sind schon der Gegenstand sehr zahlreicher Untersuchungen gewesen. Hierbei wurden in der Regel zwei Fragen unterschieden, 1) ob die Leukocyten Komplement sezernieren (Buchners Annahme), 2) ob sie beim Zugrundegehen innerhalb oder außerhalb des Tierkörpers das in ihnen enthaltene Komplement in das Serum übergehen lassen (Metschnikoffs Hypothese).

Die von mir oben gestellte Frage, ob bei den verdauungsartigen Vorgängen, die wir innerhalb der lebenden Leukocyten beobachten, Komplement beteiligt ist, deckt sich hiermit nicht vollkommen; denn man muß mit der Möglichkeit rechnen, daß in der lebenden Zelle Stoffe wirksam sind, die von ihr weder abgesondert noch beim Absterben abgegeben werden.

Bekanntlich existiert über die Frage nach der Herkunft des Komplements eine sehr große Literatur; es liegen aber darüber ausgezeichnete zusammenfassende Darstellungen vor, die zum Teil aus neuester Zeit stammen, so daß ich hier darauf verweisen darf. Es kommen u. a. die einschlägigen Stellen in den Monographien von Metschnikoff, Friedberger und M. Hahn in Kolle-Wassermanns Handbuch, die wiederholten Artikel von Metschnikoff und von Sachs in Lubarsch-Ostertags „Ergebnissen", sowie die Verhandlungen auf dem Brüsseler Hygiene-Kongreß (1903) in Betracht. Bei den letzteren wurden von mehreren Seiten als Beweis für den Komplementgehalt der Leukocyten die Versuche Wassermanns angeführt, wonach Injektionen von Leukocyten die Bildung von „Antikomplementen" auslösen sollen. Nachdem Gay, Moreschi u. a. nachgewiesen haben, daß die Injektion von Körpereiweiß jeder Art zur Entstehung komplementbindender Antikörper führt, können die erwähnten Versuche natürlich nicht mehr in diesem Sinne gedeutet werden.

Ich möchte ferner darauf hinweisen, daß ein großer Teil insbesondere der älteren Arbeiten für unser Thema keine Beweiskraft hat, nämlich alle diejenigen Untersuchungen, die sich mit dem Nachweis einer bakteriziden Wirkung der von den Leukocyten abgegebenen Stoffe begnügen, ohne sicher zu stellen, daß diese Stoffe erstens thermolabil und zweitens imstande sind einen Immunkörper zu komplettieren.

Wir wissen jetzt, daß sowohl im Serum als auch in Organextrakten bakterizide Stoffe nicht komplexer Natur enthalten sein können.

Seitdem man diesen Gesichtspunkt in den Vordergrund gestellt hat, hat sich immer deutlicher ergeben, daß sich zwar bakterizide Stoffe aus den Leukocyten extrahieren lassen, daß dieselben sich aber von denen des Serums meist schon durch ihre Thermostabilität, ferner dadurch unterscheiden lassen, daß sie ihre Wirkung oft gerade auf solche Bakterienarten äußern, denen gegenüber das Serum desselben Tieres unwirksam ist. Anderseits wurde bei den Extrakten in der Regel eine Einwirkung auf Cholerabazillen vermißt, während diese bekanntlich von Serum der meisten Versuchstiere sehr energisch abgetötet werden. Insbesondere sind in dieser Hinsicht die Versuche von Petterson (17) und von Ascher (18) lehrreich.

Weit besser jedoch als an Bakterien läßt sich die Frage nach den Beziehungen des Komplements zu den Leukocyten an Blutkörperchen studieren. Darüber, ob die Leukocyten hämolytisches Komplement sezernieren, liegen bereits Untersuchungen von Gruber und von Hoke vor. Gruber (19) brachte im Reagensglase sensibilisierte Blutkörperchen mit Leukocyten, die in Kochsalzlösung oder inaktivem Serum aufgeschwemmt waren, zusammen und studierte nach dem Vorgang Savtchenkos die hierbei eintretende Phagocytose. Er stellte fest, daß bei dieser Versuchsanordnung die extrazellulär gelegenen Blutkörperchen keine Hämolyse erkennen ließen. Hoke (20) versetzte einige ccm frisches Kaninchenserum mit Leukocyten, die er aus der Brusthöhle desselben Tieres, von dem das Serum stammte, durch Aleuronatinjektion erhalten hatte, ließ das Gemisch $^1/_2$ Stunde bei 37° stehen, und zentrifugierte die Zellen ab. Nun prüfte er die überstehende Flüssigkeit auf ihre hämolytische Kraft gegenüber Meerschweinchenblut, indem er zum Vergleich das frische, unbehandelte Kaninchenserum heranzog. Es ergab sich, daß die hämolytische Wirkung des Serums durch die Behandlung mit Leukocyten nicht zu-, sondern abgenommen hatte, und weitere Versuche lehrten, daß diese Abnahme auf Verringerung des Komplementgehaltes beruhte. Die Leukocyten hatten also nicht nur kein hämolytisches Komplement sezerniert, sondern sogar einen Teil des im Serum vorhandenen absorbiert.

Auch ich habe ähnliche Versuche, wie Gruber und Hoke mit durchaus dem gleichen Ergebnisse angestellt.

Ich versetzte Hammelblutkörperchen mit einem Ambozeptor, der durch Meerschweinchenkomplement glatt komplettiert wurde, und brachte sie mit gewaschenen Leukocyten zusammen, die entweder in Kochsalzlösung oder im inaktiviertem Serum desselben Meerschweinchens, von dem die Leukocyten stammten, aufgeschwemmt wurden. Ich habe solche Versuche vielfach wiederholt und wechselnde Mengen, bis zu 1.0 einer dicken Leukocytenaufschwemmung mit sensibilisierten Hammelblutkörperchen versetzt: ich habe nach zweistündigem bis 24stündigem Stehen niemals eine Hämolyse beobachtet.

Nun vergegenwärtige man sich die quantitativen Verhältnisse. Durch ungefähre Zählung fand ich bei einem derartigen Versuch, daß in 1,0 der Leukocytenaufschwemmung annähernd ebenso viel Leukocyten enthalten waren, wie in 10 ccm Blut. 10 ccm Blut des gleichen Meerschweinchens, von dem die Leukocyten stammten,

enthielten aber ungefähr 1000 komplett lösende Komplementdosen für 1 ccm der Aufschwemmung von sensibilisierten Blutkörperchen; die lösende Serumdosis lag nämlich unter 0,01. Die vorhandenen Leukocyten hätten also imstande sein sollen, einen ungeheuren Überschuß von Komplement abzugeben.

Ein weiterer Versuch ergab in Bestätigung der Angabe von Hoke eine Hemmung der Hämolyse durch Leukocyten. Es wurde ein Hämolyseversuch (Hammelblut — spezifischer Ambozeptor von Kaninchen — Meerschweinchenserum) mit zahlreichen Abstufungen von Ambozeptor und Komplementmengen in doppelter Reihe angestellt, einmal in der gewöhnlichen Weise und daneben in einer Reihe von Röhrchen, die außerdem je 0,5 einer Aufschwemmung von Meerschweinchenleukocyten erhielten. In den mit Leukocyten versetzten Röhrchen war die Hämolyse erheblich verzögert.

Ein anderer Versuch, in welchem ich das Komplement nach Hokes Vorgang mit Leukocyten vermischte und diese nach zweistündigem Stehen bei 37° abzentrifugierte, ergab ebenfalls eine, wenn auch nur recht geringe Verminderung des Komplements. Auch in Hokes Versuchen absorbierten die Leukocyten relativ wenig Komplement, Verreibungen von Milz und Knochenmark dagegen weit mehr. Die Tatsache, daß Organzellen verschiedener Art Komplement binden können, ist bekanntlich schon von v. Dungern gefunden worden.

Nach den angeführten Versuchen scheint es mir unmöglich, anzunehmen, daß die Leukocyten nennenswerte Mengen von Komplement sezernieren, oder daß gar alles im Serum vorhandene Komplement durch Sekretion der Leukocyten entstanden sein soll. Wir wissen jetzt, daß unter derartigen Versuchsbedingungen die Leukocyten ihre Vitalität lange bewahren, indem sie fremde Zellen ganz in derselben Weise, wie im Tierkörper fressen und verdauen; es ist daher als wahrscheinlich anzunehmen, daß auch eine etwaige Sekretion von Komplement im Reagensglase nachweisbar sein müßte.

Von weit größerer prinzipieller Wichtigkeit ist jedoch in vieler Hinsicht, wie die meisten Autoren mit Recht betonen, die zweite der oben erwähnten Fragen. Bestände Buchners Hypothese, wonach das Komplement ein Sekretionsprodukt der Leukocyten ist, zu Recht, so würden dadurch die „humoralen" Theorien der Immunität nicht erschüttert werden, denn auch sie nehmen natürlich an, daß alle Serumstoffe in letzter Linie von irgend welchen Zellen herstammen.

Die Metschnikoffsche Anschauung, wonach die Leukocyten erst beim Absterben ihr Komplement abgeben sollen, trifft dagegen den Kernpunkt der „humoralen" Theorien, im besondern der Immunitätslehre Pfeiffers. Wie bekannt, behauptet Metschnikoff, daß das zirkulierende Blut und die Gewebsflüssigkeiten des lebenden Tieres kein Komplement enthalten. Das Komplement soll während des Lebens ausschließlich in den Leukocyten vorhanden sein und nur gelegentlich da, wo infolge besonderer Eingriffe Leukocyten zugrunde gehen, in die Körpersäfte gelangen. Die natürliche Bestimmung des Komplements soll es eben sein, innerhalb der Leukocyten die Verdauung der von diesen aufgenommenen Bakterien und körperfremden Zellen zu bewirken. Ebenso, wie der Pfeiffersche Versuch nur durch „Phagolyse" zu Stande kommen soll, soll nach Metschnikoffs Lehre auch die bakterizide Fähigkeit des bei

der Gerinnung des Blutes sich abscheidenden Serums ausschließlich daher rühren, daß eine Anzahl von Leukocyten zugrunde gegangen sind und ihr Komplement an das Serum abgegeben haben.

Diese viel umkämpfte Hypothese Metschnikoffs läßt sich nun unter Bedingungen, wie sie exakter gar nicht zu wünschen sind, einer Prüfung an Blutkörperchen unterziehen.

Die bisherigen Versuche, aus den Leukocyten hämolytisches Komplement zu extrahieren, haben zu negativen Ergebnissen geführt; Landsteiner (21) und Lambotte und Stiennon (22) fanden, daß solche Extrakte im Gegensatz zu dem Blutserum und der Exsudatflüssigkeit desselben Tieres nicht imstande waren, inaktiviertes hämolytisches Serum zu komplettieren.

Mit Recht sehen die Autoren hierin einen gewichtigen Beweis gegen Metschnikoffs Ansicht. Wenn man sich jedoch die weitere Frage stellt, ob innerhalb der lebenden Leukocyten Komplementwirkungen stattfinden, so kann man sich nicht mit der Untersuchung von Zellextrakten begnügen, da man niemals sicher ist, daß die in der lebenden Zelle vorhandenen Stoffe in den Extrakt übergehen. Umgekehrt aber darf man wohl, wenn man nachweist, daß die lebende Zelle gar kein Komplement enthält, den Schluß ziehen, daß sie keins abgeben kann.

Man kann nun in sehr einfacher Weise prüfen, ob und wieviel hämolytisches Komplement in den lebenden Leukocyten enthalten ist.

Zu diesem Zweck brauche ich nur z. B. Hammelblutkörperchen durch ein inaktiviertes spezifisches Antiserum, von dem ich weiß, daß es sowohl Hämolyse als Phagocytose bewirkt, zu sensibilisieren und sie einerseits mit Meerschweinchenleukocyten, anderseits mit frischem Meerschweinchenserum zusammenzubringen; auch hier verwende ich Serum und Leukocyten desselben Tieres. Für die Deutung des Experimentes ist es völlig belanglos, ob man sich meiner Anschauung anschließt, wonach die Phagocytose durch einen anderen Antikörper wie die Hämolyse hervorgerufen wird, oder ob man an der älteren Anschauung festhält und beide Phänomene auf die gleiche Ursache zurückführt. In jedem Falle sind die Blutkörperchen, mit denen ich meinen Versuch anstelle, sowohl zur Phagocytose als auch zur Hämolyse präpariert.

Nun finde ich folgendes. Ich versetze 1,0 einer 5%igen Aufschwemmung der sensibilierten Hammelblutkörperchen (also entsprechend 0,05 reinem Blut) mit 0,05 Meerschweinchenserum und beobachte, daß die Blutkörperchen schon bei Zimmertemperatur innerhalb der ersten zwei oder drei Minuten annähernd vollständig aufgelöst werden. Nun soll das Komplement, auf dem diese Wirkung beruht, nach Metschnikoff ursprünglich nicht in der Blutflüssigkeit vorhanden gewesen, sondern ausschließlich aus den bei der Gerinnung zugrunde gegangenen Leukocyten stammen. Wir können daher ausrechnen, wieviel Komplement ein Meerschweinchenleukocyt enthalten haben müßte; wie wir sogleich sehen werden, genügt eine ganz ungefähre Berechnung für unsern Zweck vollkommen, und dieselbe gestaltet sich äußerst einfach.

Das Verhältnis der weißen zu den roten Blutkörperchen wird, um eine Durchschnittszahl zu nehmen, etwa auf 1 : 400 bis 1 : 500 geschätzt; also sind in 0,05

Meerschweinchenserum (unserer Komplementdosis) etwa 4—500 mal weniger Leukocyten enthalten gewesen, als in der Blutkörperchendosis, die wir der Hämolyse unterworfen (0,05 Blut in 1,0 Kochsalzlösung), Erythrocyten vorhanden sind. Stammt also alles Komplement aus den Leukocyten, so muß jeder Leukocyt mindestens soviel davon enthalten, daß er 4—500 ambozeptorbeladene Blutkörperchen binnen wenigen Minuten, noch dazu bei Zimmertemperatur, auflösen kann. In Wirklichkeit müßte die Zahl weit größer sein; denn natürlich wird niemand behaupten, daß bei der Gerinnung alle Leukocyten zugrunde gehen. Nehmen wir an, es ginge die Hälfte zugrunde[1]), und ziehen wir die Lehre Metschnikoffs in Rechnung, daß das hämolytische Komplement (die „Makrocytose") nicht in allen Leukocyten, sondern nur in den mononukleären, die höchstens 10 % der Gesamtmenge ausmachen, enthalten sein soll, so ergibt sich, daß ein Makrophag so viel Komplement enthalten müßte, um 8000 bis 10000 sensibilisierte Blutkörperchen fast momentan aufzulösen.

Es ist sehr leicht, die Probe auf dieses Exempel zu machen. Wir brauchen dazu nur dieselben sensibilisierten Blutkörperchen mit den Leukocyten desselben Meerschweinchens, dem das Komplement entstammt, zusammenzubringen und die Mischung einige Zeit bei 37° zu halten. Entnehmen wir Proben davon und beobachten sie im hängenden Tropfen, so sehen wir zahlreiche Leukocyten, welche teils ein oder zwei Blutkörperchen, teils eine ganze Anzahl davon aufgenommen haben.

Was geschieht nun im Innern der Leukocyten mit den (ambozeptorbeladenen!) Blutkörperchen? Ich habe sehr zahlreiche derartige Präparate kürzere oder längere Zeit, zum Teil auch im geheizten Objekttisch, sorgfältig beobachtet und habe nicht ein einziges Mal gesehen, daß die Blutkörperchen im Innern eines Phagocyten so schnell aufgelöst worden wären, daß sie sich binnen weniger Minuten in Schatten verwandelt hätten. In Wirklicheit geht die Verdauung außerordentlich langsam vor sich, so daß man den größten Teil der aufgenommenen Zellen noch nach einigen Stunden gut erhalten findet. Dabei lassen sich Blutschatten im Innern von Leukocyten im ungefärbten Präparat gut mikroskopisch wahrnehmen. Man erhält solche Bilder, wie in der Arbeit von Neufeld und Bickel (23) beschrieben ist, wenn die Leukocyten Blutkörperchen aufnehmen, die vorher im komplementhaltigen Serum hämolysiert worden sind. Man kann auch im Innern von Phagocyten eine rapide Umwandlung der wohlerhaltenen Blutkörperchen im Schatten auf folgende Weise künstlich herbeiführen. Man macht einen gewöhnlichen Phagocytoseversuch mit inaktivem hämotropem Serum, und entnimmt ein Präparat, in welchem die Phagocyten mit zahlreichen, gut erhaltenen Blutkörperchen erfüllt erscheinen. Nun setzt man vom Rande des Deckglases her ein Tröpfchen Sapotoxinlösung zu: sofort verwandeln sich auch die im Innern der Leukocyten befindlichen Blutkörperchen in Schatten. Solche Bilder

[1]) In Wirklichkeit ist es wohl nicht erwiesen, daß überhaupt Leukocyten während der Gerinnung zugrunde gehen. Diese Hypothese ist von Alexander Schmidt aufgestellt worden, der Monographie von Morawitz (Chemie der Blutgerinnung in Ascher-Spiros „Ergebnissen der Physiologie" 1905 Bd. 4, S. 417) zufolge neigt sich die Mehrzahl der Physiologen jetzt der Ansicht zu, daß bei der Blutgerinnung kein Zerfall der Leukocyten stattfindet.

müßte man bei dem gewöhnlichen Phagocytoseversuch sehen, wenn die Leukocyten auch nur die geringsten Mengen von Komplement enthielten!

Nun könnte man den Einwurf machen, die Beobachtungen träfen nur für den Reagensglasversuch, aber nicht für die Vorgänge im Tierkörper zu. Solche Einwände sind gegen die nach der Denysschen Methode im Reagensglase angestellten Versuche öfters, jedoch zu Unrecht erhoben worden; vielmehr hat sich bisher in allen wichtigen Punkten eine absolute Übereinstimmung des bakteriotropen Reagensglasversuches mit den Vorgängen im Tierkörper ergeben. In diesem Falle kann ich mich zum Beweise dafür, daß die intrazelluläre Verdauung der Blutkörperchen im Tierkörper dem oben geschilderten Verhalten bei den Reagensglasversuchen völlig entspricht, auf Metschnikoffs Angaben berufen. Hiernach findet man auch beim Tierversuch nach Ablauf von Stunden und sogar nach mehreren Tagen noch völlig erhaltene Blutkörperchen innerhalb der Phagocyten.

Betrachtet man aber neben dem zeitlichen Verlauf die Details der intrazellulären Auflösung von Blutkörperchen, so sieht man, daß sowohl bei Versuchen in vitro wie im Tierkörper in der Regel innerhalb der Phagocyten gar keine eigentliche Schattenbildung zustande kommt, sondern (z. B. bei Hammelblutkörperchen) eine Verklumpung und Degeneration mit Bildung hämoglobingefärbter Schollen; die Bilder erinnern bisweilen an diejenigen, die man erhält, wenn man Blutkörperchen höheren Temperaturen aussetzt.

Hectoen (24) schildert das Schicksal der im Reagensglasversuch von Phagocyten aufgenommenen Blutkörperchen ähnlich. Er sagt: Laking in the ordinary sense does not occur, but after some time the intraleucocytic corpuscles may swell up or coalesce.

Noch weit deutlicher kann man an kernhaltigen Blutkörperchen sehen, daß die extrazelluläre und intrazelluläre Auflösung absolut verschieden verlaufen. Den besten Beweis hierfür liefern die ausgezeichneten Abbildungen und die ausführliche Beschreibung, die Metschnikoff (25) nach Beobachtungen im Tierkörper von dem Schicksal der Gänseblutkörperchen innerhalb von Meerschweinchenmakrophagen gegeben hat, ohne freilich selbst die obige Schlußfolgerung daraus zu ziehen. Metschnikoff unterscheidet zwei Typen der Blutkörperchenverdauung: bei dem ersten, häufigeren Typus nehmen die Kerne zunächst Hämoglobin auf, dann wird die ganze Blutzelle, einschließlich der Membran und des Kernes langsam resorbiert, wobei lange Zeit braune Schollen und Klumpen übrig bleiben; bei dem zweiten Typus wird zuerst der Kern gelöst, das ovale Blutkörperchen zeigt homogene Hämoglobinfärbung und wird in diesen Fällen besonders langsam, oft erst innerhalb mehrerer Tage aufgelöst. Jedenfalls hat keine der beiden Arten von Erythrocytenauflösung, wegen deren Einzelheiten ich auf die ausführliche Beschreibung des Originals verweise, mit der gewöhnlichen Hämolyse auch nur die geringste Ähnlichkeit. In Figur 20 der beigegebenen Tafel sieht man als Gegensatz dazu einige Blutkörperchen, die zuerst im freien Serum gelöst und dann als Schatten sekundär phagocytiert worden sind.

Auch aus der Beschreibung von Gruber (19) geht hervor, daß sich die intrazelluläre Verarbeitung der Erythrocyten von der Auflösung im Serum durch die

Langsamkeit des Prozesses, durch die Bildung von Hämoglobinschollen sowie dadurch, daß auch der Kern mit verdaut wird, absolut unterscheidet.

Schließlich möchte ich noch erwähnen, daß Grubers Schüler Ruziczka (19) eine Art von „Kontakttötung" von Blutkörperchen durch Leukocyten beschrieben hat. Hierbei werden die Blutkörperchen von Leukocyten umklammert und schrumpfen immer mehr zusammen, bis sie völlig verschwinden; bis zuletzt behalten sie jedoch ihr Hämoglobin. Auch ich habe an Hühnerblutscheiben sehr typische Bilder dieser Art beobachtet.

Hiernach sind die intrazelluläre und die extrazelluläre Auflösung von Blutkörperchen zwei völlig voneinander verschiedene Vorgänge; die erstere, die mehr einer Verdauung ähnlich sieht, ist höchst wahrscheinlich an die vitale Tätigkeit der Zelle geknüpft und verläuft zweifellos ohne Beteiligung von Komplement. Nach Metschnikoff verlaufen ferner alle intrazellulären Verdauungsvorgänge bei saurer Reaktion; auch das ist ein prinzipieller Unterschied von den lytischen Vorgängen im Serum.

Auf Grund der Beobachtungen an Blutkörperchen kommen wir daher zu dem Schlusse, daß die Leukocyten Komplement weder sezernieren, noch bei der Gerinnung an das Serum abgeben, und daß sie überhaupt kein wirksames Komplement enthalten.

Ein anderes Beispiel für die völlige Verschiedenheit der cytotoxischen Vorgänge von den phagocytären bietet die Resorption der Spermatozoen. Wenn man einmal die grundsätzliche Verschiedenheit aller der Tropinimmunität zugehörigen Immunitätsvorgänge von denjenigen der Lysinimmunität klar erkannt hat, so ist es leicht, hierfür aus den älteren Arbeiten Belege beizubringen. Bei Tieren, die mit Spermatozoen vorbehandelt sind, sehen wir sowohl eine Abtötung im freien Serum als in den Phagocyten eintreten. Hier sind die Unterschiede zwischen dem Ergebnis der beiden Prozesse aber noch stärker als bei den Blutkörperchen. Das spermotoxische Serum bringt nämlich durch Zusammenwirken von Ambozeptor und Komplement im wesentlichen nur eine Immobilisierung der Spermatozoen zustande, im übrigen bleibt die Samenzelle fast unverändert. Werden die Spermatozoen dagegen von Phagocyten aufgenommen, so werden sie im Innern derselben restlos aufgelöst. Ich darf hierfür wieder auf die Darstellung und die ausgezeichneten Abbildungen verweisen, die Metschnikoff (25) hierüber gegeben hat.

Ebenso wie die Resorption von Zellen liefert uns auch die Auflösung von Mikroorganismen genügend Beweise für die qualitative Verschiedenheit der Leistungen des Serums und der Leukocyten.

Ich habe bereits oben an das Schicksal der Streptokokken und Pneumokokken im immunen Organismus und im bakteriotropen Reagensglasversuch erinnert. Wir können uns leicht davon überzeugen, daß diese für das Serum gleichsam gänzlich „unverdaulichen" Mikroorganismen von den Leukocyten nicht nur reichlich aufgenommen, sondern auch ziemlich schnell verarbeitet werden; wir haben festgestellt, daß sowohl im Reagensglase als im Tierkörper innerhalb 1—2 Stunden, auch da, wo die Phagocyten mit Kokken vollgestopft sind, ein erheblicher Teil derselben voll-

kommen aufgelöst wird. Auf unsere Versuche trifft jedenfalls der Einwand nicht zu, den Pfeiffer (26) den Anhängern der Phagocytenlehre macht, daß dieselben nämlich immer schon zufrieden seien, wenn sie nur die Aufnahme der Bakterien in die Zellen konstatiert hätten, daß sie sich aber um das weitere Schicksal der inkorporierten Bakterien nicht kümmerten.

Da, wie schon hervorgehoben wurde, die für virulente Streptokokken und Pneumokokken bakterizide Substanz sich aus den Leukocyten nicht extrahieren läßt, so darf man wohl auch hier annehmen, daß es sich bei der intrazellulären Auflösung der Mikroorganismen um eine vitale Leistung der Zelle handelt.

Ein weiteres Beispiel dafür, daß den Leukocyten bakterienauflösende Kräfte zukommen, die dem Serum fehlen, bieten die Paratyphusbazillen. Diese werden bekanntlich von Immunserum bei Zusatz von beliebigem Komplement nicht abgetötet oder nachweisbar geschädigt, innerhalb der Leukocyten dagegen ziemlich schnell, zum Teil unter typischer Granulabildung aufgelöst (Neufeld und Hüne) (10).

Ich glaube nun, daß man auch bei den Choleravibrionen, die ja sowohl im freien Serum als auch innerhalb der Leukocyten zugrunde gehen, abgesehen von anderen Differenzen, einen Unterschied in der Hinsicht feststellen kann, daß die Vibrionen durch die Wirkung von Ambozeptor und Komplement zwar schnell in Granula verwandelt werden, daß dann aber der Prozeß zum Stillstand kommt. Im Reagensglase habe ich, auch wenn ich Überschuß von Komplement zusetzte, niemals eine schnelle Auflösung der Granula beobachten können.

Dem gegenüber habe ich mich in vielfachen, gemeinsam mit Herrn Stabsarzt Hüne ausgeführten Phagocytoseversuchen davon überzeugt, daß die von Leukocyten im Reagensglase aufgenommenen Vibrionen zum größten Teile in kurzer Zeit völlig aufgelöst werden. Man kann das leicht feststellen, wenn man bei derartigen Reagensglasversuchen alle 10—15 Minuten gefärbte Präparate anfertigt und miteinander vergleicht; die Leukocyten können erstaunlich große Mengen von Vibrionen verarbeiten, ohne daß Reste davon übrig bleiben.

Auch im Tierkörper sieht man bekanntlich beim Pfeifferschen Versuch eine rapide Umwandlung der Vibrionen in Granula, dann aber einen Stillstand des Prozesses. Die Frage, was schließlich im Tierkörper aus den Granula wird, ist bekanntlich schon eingehend diskutiert worden. Metschnikoff glaubt, daß sie von den Leukocyten aufgenommen und endgültig aufgelöst werden. Pfeiffer (28) gibt an, daß man zwar in hängenden Tropfen, die man auf der Höhe der Bakteriolyse aus dem Meerschweinchenperitoneum entnimmt, keine über die Bildung von Granula hinausgehende Auflösungserscheinungen verfolgen kann, dagegen sei in sukzessive aus der Bauchhöhle entnommenen und intensiv gefärbten Präparaten eine langsam erfolgende völlige Auflösung der Granula zu erkennen, die wegen der schlechten Färbbarkeit dieser Stadien der Beobachtung leicht entgehe.

Wenn man diese Darstellung akzeptiert, so fehlt immerhin der Beweis, daß es sich bei diesen Vorgängen noch um eine Wirkung von Ambozeptor und Komplement handelt und in jedem Falle bleibt die Tatsache bestehen, daß die Umwandlung der Vibrionen in Granula oft ganz rapid geschieht, daß aber diese dann lange Zeit bestehen

bleiben und durch Zusatz von weiterem Komplement nicht zu beeinflussen sind, was doch der Fall sein sollte, wenn der im hängenden Tropfen zu beobachtende Stillstand der Auflösung auf Komplementmangel beruhen würde. Im Gegensatz dazu sieht man die Vibrionenauflösung innerhalb der Phagocyten kontinuierlich bis zum völligen Verschwinden der Bazillen fortschreiten.

Ebenso werden auch z. B. Typhusbazillen in den Leukocyten, wie Hüne und ich beobachtet haben, restlos aufgelöst, und es dürfte leicht sein, diese Beispiele zu vermehren.

Es liegt somit die Annahme sehr nahe, daß die bakteriolytische Wirkung von Ambozeptor und Komplement mit der Granulabildung in derselben Weise ihren Abschluß erreicht, wie die Hämolysinwirkung mit dem Austritt des Hämoglobins aus den Blutscheiben. Granula und Stromata würden dann auf eine Stufe zu stellen sein, eine Analogie, die schon Gruber gelegentlich hervorhob, indem er von „Bakterienschatten" als Produkten der Bakteriolyse sprach.

Daß bei den Spirochaeten der überwiegende Teil des Zelleibes nach der Abtötung im Immunserum als „Schatten" zurückbleibt, haben v. Prowazek und ich noch kürzlich hervorgehoben; dabei stellten wir fest, daß der Vorgang trotzdem ein völliges Analogon der spezifischen Bakteriolyse ist, indem er auf Zusammenwirken von Ambozeptor und Komplement beruht.

Hiernach möchte ich glauben, daß eine vollkommene, restlose Auflösung von Bakterien oder von körperfremden Zellen durch die Wirkung von lytischem Ambozeptor und Komplement bisher überhaupt nicht sicher erwiesen ist, während eine solche innerhalb der Phagocyten in vielen Fällen zustande kommt.

Die Beobachtungen, welche darauf hindeuten, daß die Schattenbildung das regelmäßige Endergebnis der Lysinwirkungen ist, scheinen mir vor allem deswegen von Interesse zu sein, weil sie eine weitere Verschiedenheit der extrazellulären von den intrazellulären Auflösungsvorgängen ergeben haben; hierin sehe ich eine wichtige Stütze für die von mir vertretene Auffassung einer grundsätzlichen Trennung der phagocytären von der lytischen Immunität.

Literatur.

1. Neufeld, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 27, S. 414.
2. Kruse, Diskussion in der freien Ver. für Mikrobiologie 1906.
3. Reisch, zit. nach Sauerbeck, „Neue Immunitätstheorien". Lubarsch-Ostertags „Ergebnisse der allg. Pathol. usw." 1907.
4. Neufeld, Die Agglutination der Pneumokokken. Zeitschr. für Hyg., Bd. 40, 1902.
5. Beitzke, Berl. klin. Wochenschr. 1907, Nr. 26.
6. Wright und Douglas, Proc. roy. Soc., Bd. 72. S. 357, 1903. Ref. Zentralbl. für Bakteriol., Bd. 35, S. 377, 1904.
7. Metschnikoff, Immunité des lapins vaccinés contre le hog-choléra. Annales Pasteur 1892, S. 289.
8. Wassermann, Deutsche med. Wochenschr. 1901, S. 4.
9. Metschnikoff, Immunität bei Infektionskrankeiten. Deutsche Ausgabe, S. 256.
10. Muir und Martin, British med. Journ. Dezember 1906.
11. Levaditi und Inmann, Compt rend. soc. biol. März 1907.

12. **Levaditi** und **Kößler**, Compt. rend. soc. biol. März 1907.
13. **Neufeld** und **Hüne**, Arb. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. 25, Heft 1, 1907.
14. **Neufeld** und **Töpfer**, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 38, S. 456, 1905.
15. **Barrat**, Proc. roy. soc. 1905, Bd. 76, 524.
16. **Hectoen**, Journal of inf. diseases 1906, III, 434.
17. **Petterson**, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 39, S. 423 und 613.
18. **Ascher**, ebenda Bd. 32, S. 453.
19. **Gruber**, Wiener klin. Wochenschr. 1903. Vortrag auf dem Brüsseler Hygiene-Kongreß.
20. **Hoke**, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 34, S. 692, 1903.
21. **Landsteiner**, Zentralbl. für Bakt. Orig. Bd. 25, S. 548.
22. **Lambotte** und **Stiennon**, ebenda Bd. 40, S. 224, 393, 503.
23. **Neufeld** und **Bickel**, Arb. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte 1907.
24. **Hectoen**, Journal of infect. diseases. 1906, III, 721.
25. **Metschnikoff**, Résorption des cellules. Ann. Pasteur 1899.
26. **Pfeiffer**, Diskussion in der freien Ver. für Mikrobiologie 1906.
27. **Muir** und **Martin**, Proc. roy. soc. Bd. 79, 187, 1907.
28. **Pfeiffer**, Vortrag auf dem Brüsseler Hygiene-Kongreß.

Beobachtungen über die endemische Lues in Bosnien.

Von

Dr. Richard Gonder (Rovigno),
Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Während das regelmäßige Vorkommen der Spirochaeta pallida in den frischen Fällen von Syphilis (sowohl bei primärer und sekundärer, sowie bei angeborener Lues) nicht mehr bestritten werden kann, ist es in den Spätformen (bei tertiärer Lues) noch nicht sicher gestellt. In der Literatur finden sich neben zahlreichen negativen Befunden nur wenige positive Angaben über das Vorkommen der Spirochaeten bei den Spätformen der Syphilis. Auch die in letzter Zeit vielfach angestellten Versuche mit tertiärer Syphilis an Affen fielen teils positiv, teils negativ aus, sodaß es noch weiterer genauer Untersuchungen zur Aufklärung dieser wichtigen Frage bedarf. Für die Diagnostik und für den Versuch ist die Spirochaeta pallida von großer Bedeutung geworden, und sie wird auch, wenn Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Spirochaeten genauer erforscht sein werden, vielleicht noch Aufschluß geben können über die viel umstrittene Frage der Übertragbarkeit und Vererbung von tertiärer (tardiver) Lues.

Im folgenden soll über die Ergebnisse von Untersuchungen berichtet werden, die Anfang November vorigen Jahres in Bosnien angestellt wurden aus Anlaß aufklärender Studien über das Vorkommen von Spirochaeta pallida bei der in jenen Gegenden endemischen Lues. Die Bearbeitung und die mikroskopische Durchmusterung der Präparate wurden in Rovigno ausgeführt. An dieser Stelle gestatte ich mir, dem Landessanitätsreferenten von Bosnien und der Herzegowina, Herrn Regierungsrat Dr. Kobler, sowie dem Direktor des Bosnisch-Herzegowinischen Landesspitals in Sarajewo, Herrn Sanitätsrat Dr. Glück und seinem Assistenten, Herrn Dr. Teufel, meinen verbindlichsten Dank auszudrücken für ihre Unterstützung bei Beschaffung von Material.

Einige Bemerkungen über die in Bosnien herrschende Syphilis seien kurz vorausgeschickt. Vielfach war früher die Meinung verbreitet, daß eine in manchen Balkanländern mit dem Namen „'skrljevo", in Bosnien mit dem Namen „Frenjak" bezeichnete, ansteckende Krankheit eine besondere, vielleicht durch klimatische Verhältnisse des Landes oder durch die Rasse seiner Bewohner bedingte Syphilisform sei.

Nach den Ausführungen von Glück, einem seit vielen Jahren in Bosnien lebenden und mit den Sitten und Gewohnheiten des Volkes vertrauten Dermatologen,

welcher auf das eingehendste über die volkstümliche Benennungsweise der Syphilis und anderer Krankheiten, über die Verbreitung und das Alter der Syphilis in Bosnien und der Herzegowina berichtet hat, ist 'skrljevo nichts anderes als ein Sammelname für viele schwere Hautkrankheiten, darunter auch für die Syphilis.

Was diese nun betrifft, so erfuhr sie in Bosnien und der Herzegowina bis zur Okkupation durch die Österreicher niemals eine richtige Behandlung und gewann eine rasche Verbreitung, welche durch die eigenartigen Gewohnheiten des Volkes und hauptsächlich durch die religiösen Gebräuche der Mohammedaner noch begünstigt wurde. Die Syphilis in Bosnien unterscheidet sich von jener der mittel- und westeuropäischen Staaten vielfach dadurch, daß sie das Nervensystem nur in wenigen Fällen angreift und sich meist auf Haut und Knochen beschränkt. Auch geht die Heilung ziemlich rasch und gut von statten. Man könnte dies dadurch erklären, daß bei der allgemeinen Verbreitung der Syphilis durch Generationen hindurch das Virus an Stärke immer mehr verloren, oder daß das Volk eine gewisse Immunität erlangt hat. Damit könnte auch das herdweise Auftreten der Syphilis in vielen Gegenden und ihr Wiederverschwinden erklärt werden. War einmal ein Dorf verseucht, ein Herd entstanden, so verschwand nach vielen Jahren in diesem Dorfe die Syphilis wieder. Während des Verschwindens bildeten sich aber rings um diesen ersten Herd neue. Dementsprechend gibt es Gegenden, die in früheren Zeiten Syphilis nicht gekannt hatten, aber heute ganz verseucht sind, anderseits gibt es Gegenden, die heute frei von Syphilis sind, aber in früheren Zeiten verseucht waren. Die Ansteckung erfolgt mehr auf außergeschlechtlichem Wege als durch den geschlechtlichen Verkehr, und meist infizieren sich schon die Kinder beim Essen, Küssen und dergl. Seit der Besetzung von Bosnien und der Herzegowina durch Österreich wird die Syphilis in allen Teilen dieser Länder mit großem Erfolge von der Regierung bekämpft; daher nimmt die Zahl der Erkrankungen von Jahr zu Jahr immer beträchtlicher ab.

Bei der Untersuchung kam es darauf an, nachzuweisen, ob bei den schweren tardiven Formen der Syphilis Spirochaeta pallida vorkommt. Von ihrem Vorhandensein oder Fehlen könnten dann Schlüsse auf den Verlauf der Krankheit oder, wie schon vorher angedeutet worden ist, Folgerungen hinsichtlich der Ansteckungsfähigkeit und Vererbbarkeit gezogen werden. Von einer genaueren mikroskopischen Untersuchung am lebenden Objekt mußte aus Zeitmangel Abstand genommen werden. Das frische Material von den meisten tardiven Fällen wurde nur kurz vor Herstellung der Präparate mikroskopisch, aber stets mit negativem Erfolg durchmustert.

Das Material stammte meist von Kranken, die bisher nicht in Behandlung gestanden hatten [1]). Die Präparate wurden in folgender Weise hergestellt: Das Geschwür oder die Krankheitsstelle wurde mit Alkohol und Äther gewaschen. War eine Kruste vorhanden, so wurde sie abgetragen. Häufig wurden auch, ohne daß zuvor mit Alkohol und Äther gewaschen war, gleich Klatschpräparate angefertigt. Aus der Tiefe und vom Rande des erkrankten Gewebes wurden mit Nadel oder Messer Gewebsteilchen hervorgeholt und auf Deckgläschen dünn ausgestrichen, die Ausstrich-

[1]) Viele Kranke standen einen Tag in Behandlung, was jedoch für die Untersuchung ohne Belang sein dürfte.

präparate, nachdem sie trocken waren, in absolutem Alkohol, Methylalkohol oder in einem Gemisch von Alkohol und Äther fixiert und nach Giemsa mit Alkalizusatz gefärbt. Auch wurden vom Rande der Geschwüre mit scharfem Löffel oder Schere Stückchen fortgenommen und diese als ein Ganzes in absolutem Alkohol, Sublimatalkohol oder in Osmiumgemischen aufbewahrt. Vor der Fixierung wurden mit dem exzidierten Material in der Weise, wie oben beschrieben wurde, dünne Ausstrichpräparate angefertigt. Das exzidierte Material wurde eingebettet, geschnitten und nach Volpino und Bertarelli in Silbernitratlösung oder auch in Giemsascher Lösung gefärbt. Vier Fälle von frischer Syphilis wurden als Kontrollmaterial für die untersuchten Fälle in derselben Weise, wie es beschrieben wurde, bearbeitet. Es sei bemerkt, daß die mit frischer Syphilis behafteten Kranken auch aus Gegenden Bosniens stammten, in denen die Syphilis endemisch ist.

Frische Syphilis[1]).

Nr. 1. St. J., 26 Jahre alt. Oedema indurativum labii majoris; condylomata lata ad labia majora, minora et ad anum; exanthema maculosum cutis trunci et extremitatum, polyadenitis; angina specifica.

Eine erodierte Papel des rechten großen Labium wurde mit Alkohol und Äther gewaschen. Mittels eines Messers wurden von der äußeren Schicht der Papel durch Schaben Gewebsteilchen entnommen und ausgestrichen. In allen Präparaten fanden sich Spirochaeta pallida und Spirochaeta refringens in großen Mengen.

Nr. 2. G. B., 38 Jahre alt. Sclerosis initialis ad raphem scroti; exanthema maculopapulosum cutis trunci et extremitatum; papulae seborrhoicae capillitii et faciei; polyadenitis, angina specifica.

Nach Waschen der Sklerose mit Alkohol und Äther wurde die Außenschicht mit einem Messer abgetragen und zu Klatschpräparaten verwendet. Von einer Brustpapel, die ebenso gereinigt war, wurden mit einem Messer Gewebsteilchen entnommen und ausgestrichen. In allen Präparaten der Initialsklerose fanden sich viele Spirochaeten (pallida), in denen der Brustpapel selten, oft vereinzelt in den mit Blut stark versetzten Präparaten.

Nr. 3. Lj. V., 10 Jahre alt. Condylomata lata ad labia oris, tonsillas, uvulam, inter digitos IV et V pedis sinistri, hypertrophia ad labia maiora, minora et ad anum. Lichen syphiliticus cutis trunci et extremitatum.

Nach Abwaschen einer Pustel der Brust wurde mit einem Messer die Pustel geöffnet; von der Pustelflüssigkeit wurden Ausstriche angefertigt. Von einem Knötchen der Brust, einer erodierten Papel eines Labium und einer geschlossenen Papel der Leistengegend wurden in derselben Weise wie bei Nr. 1 und 2 Klatsch- und Ausstrichpräparate hergestellt, in Alkohol oder in Osmiumdämpfen fixiert und nach Giemsa gefärbt. In den Präparaten der Papeln fanden sich große Mengen von Spirochaeta pallida, in den übrigen, die sehr stark mit Blut versetzt waren, waren die Spirochaeten nur äußerst selten.

---

[1]) Die Diagnosen verdanke ich mit Ausnahme von Nr. 9 und Nr. 10 Herrn Landessanitätsrat Dr. Glück.

Nr. 4. T. J., 26 Jahre alt. Condylomata lata ad labium superius oris, tonsillas, uvulam et genitale; psoriasis palmaris, exanthema papulo-squamosum cutis trunci et extremitatum; polyadenitis, angina specifica.

Von einem breiten Condylom der Genitalien und einer Hautpapel wurden wie oben Klatschpräparate und Ausstriche angefertigt. In allen Präparaten fand sich Spirochaeta pallida. In den Klatschpräparaten vom Condylom fand sich auch häufig Spirochaeta refringens.

Spirochaeta pallida konnte also in jedem der untersuchten frischen Syphilisfälle in der Initialsklerose, in erodierten, geschlossenen und sonstigen Papeln nachgewiesen werden.

Tardive Syphilis.

Nr. 5. S. Sk., 21 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis abdominis, regionis glutealis et trochanteris dextri.

Die Kruste eines Brustgeschwürs wurde nach Waschung mit Alkohol und Äther mit einem Messer abgetragen. Mittels einer Nadel wurden aus der Tiefe und vom Rande des Geschwürs Gewebsteilchen hervorgeholt und ausgestrichen, die Präparate in Alkohol oder Osmiumdämpfen fixiert und nach Giemsa gefärbt. In 10 auf diese Weise angefertigten Präparaten konnten trotz genauer und wiederholter Durchmusterung keinerlei Spirochaeten nachgewiesen werden.

Nr. 6. R. N., 9 Jahre alt. Syphilis tardiva. Gumma exulcerans pharyngis.

Von der Oberfläche des Geschwürs und aus der Tiefe wurden mit einer Nadel Gewebsteilchen entnommen und ausgestrichen, wie oben fixiert und gefärbt. Aufs sorgfältigste wurden auch hier 12 Präparate wiederholt mikroskopisch auf Spirochaeta pallida untersucht, jedoch mit negativem Ergebnis.

Nr. 7. M. H., 25 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis penis et scroti, condylomata lata ad tonsillam dextram, polyadenitis, angina specifica.

Von dem Penisgeschwür und einem Brustgeschwür wurden Klatsch- und Ausstrichpräparate angefertigt. Kranke Gewebsteilchen wurden von der Oberfläche, vom Rande und aus der Tiefe der Geschwüre entnommen. Trotz wiederholter, stundenlanger mikroskopischer Durchmusterung von etwa 24 Präparaten konnten keine Spirochaeten nachgewiesen werden.

Nr. 8. R. S., 22 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis scroti, cicatrix circularis cutis penis, polyadenitis universalis indolens.

Auch dieser Fall wurde, wie Nr. 7, mit großer Sorgfalt auf das Vorkommen von Spirochaeten untersucht, ohne daß solche gefunden werden konnten.

Nr. 9. Y., 50 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa faciei, Gumma exulcerans faciei.

Von einem Geschwür wurden wie oben Klatsch- und Ausstrichpräparate hergestellt. Außerdem wurden mit einem scharfen Löffel vom Rande in der Weise Teile fortgenommen, daß gesundes und krankes Gewebe in einem Stück enthalten war. In 25 auf das genaueste wiederholt durchmusterten Präparaten fanden sich keine Spirochaeten.

Nr. 10. A. K., 55 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa cutis dorsi. Gumma exulcerans faciei, gumma pharyngis.

Vom Rande des Gumma pharyngis wurden mit einem scharfen Löffel Teilchen entfernt und ausgestrichen oder als ganzes konserviert und geschnitten, nach Giemsa und nach Volpino und Bertarelli gefärbt. In 28 Präparaten wurde auch hier keine Spirochaeta pallida nachgewiesen. Auf die Durchmusterung eines Präparates wurden durchschnittlich 1 bis $1^1/_2$ Stunden verwandt.

Nr. 11. D. S., 12 Jahre alt. Syphilis serpiginoso-ulcerosa regionis glutealis dextrae, tophus tibiae dextrae; gonitis dextra, gumma pharyngis, cicatrices post gummata.

Vom Rande eines Geschwürs wurden mit einer Schere größere Stücke abgeschnitten und mit diesen Ausstriche hergestellt, die in Osmiumdampf oder in Alkohol fixiert wurden. Das in absolutem Alkohol oder in Sublimatalkohol oder Hermannscher Lösung fixierte, abgeschnittene Material wurde nach Volpino und Bertarelli, oder nach Giemsa gefärbt. Der Spirochaetenbefund war negativ in allen 28 untersuchten Präparaten trotz wiederholter Durchmusterung.

Nr. 12. S. K., Alter unbekannt. Syphilis tardiva. Gumma regionis malleoli externi.

Mittels einer Spritze wurde Gewebssaft aus einem geschlossenen Gumma angesogen und ausgestrichen. In sechs auf diese Weise hergestellten Präparaten fanden sich keine Spirochaeten. Auf jedes Präparat wurden bei der Durchmusterung etwa 2 Stunden verwandt.

Nr. 13. H. M., 50 Jahre alt. Syphilis tardiva. Gummata multiplicia faciei, cicatrices post gummata pallati mollis.

Vom Rande und aus der Tiefe eines Gumma wurden mit Nadeln Gewebsteilchen entnommen und Ausstrichpräparate hergestellt. 10 untersuchte Präparate enthielten keine Spirochaeten.

Nr. 14. K. S., 18 Jahre alt. Syphilis tardiva. Gumma exulcerans cruris dextri.

Vom Rande des Geschwürs wurden größere Stücke mit einer Schere abgeschnitten, in Alkohol oder Osmiumgemischen fixiert, geschnitten und nach Volpino und Bertarelli gefärbt. In 30 auf das sorgfältigste durchmusterten Präparaten waren keine Spirochaeten nachzuweisen.

Doutrelepont und Gronoen haben in 4, Tomasczewski in 5 Fällen, ferner Hoffmann und Feldmann, sowie Blaschko in einzelnen Fällen von tertiärer Syphilis Spirochaeta pallida nachweisen können. Sie fanden indes die Spirochaeten niemals in großen Mengen, sondern stets vereinzelt und oft nur nach langem Durchsuchen der Präparate. Meinerseits konnte, wie oben erwähnt worden ist, in den 10 Fällen von tardiver Syphilis die Spirochaeta pallida trotz sorgfältigster, wiederholter Durchmusterung der Präparate nicht nachgewiesen werden. Auch Dr. Teufel, Assistent am Landesspital in Sarajevo, der während geraumer Zeit tardive Lues auf das Vorkommen von Spirochaeta pallida untersucht hatte, konnte, wie er mir versicherte, bisher noch in keinem Fall Spirochaeten nachweisen, während ihm ihr Nachweis bei frischer Syphilis fast ausnahmslos gelang.

Der Umstand, daß bei tardiver Lues so selten Spirochaeta pallida bisher nachgewiesen ist, beweist natürlich nichts gegen die Auffassung, daß die Spirochaeta

pallida der Erreger der Syphilis ist. Es wäre möglich, daß bei tardiver Lues Entwicklungsstadien der Spirochaete vorkommen, die noch unbekannt sind. Anderseits könnten — und diese Annahme erscheint mir annehmbarer — nach dem Absterben der Parasiten die durch ihre Lebenstätigkeit entstandenen Toxine noch lange im menschlichen Körper verweilen und die schweren Spätformen hervorrufen. Das Fehlen der Spirochaeta pallida bei der tardiven Lues von Bosnien war mir übrigens schon von vornherein wahrscheinlich geworden durch Angaben dortiger, mit den Krankheitsverhältnissen des Landes gut vertrauter Ärzte. Es sind nämlich angeborene Lues und Abortus auf syphilitischer Grundlage in diesen mit endemischer Lues verseuchten Gegenden verhältnismäßig selten. Daher herrscht unter den dortigen Ärzten vielfach die Ansicht, daß die tardive Lues in Bosnien in den meisten Fällen nicht mehr übertragbar und nicht vererbbar ist.

Rovigno, Februar 1907.

Literaturverzeichnis.

1. Bertarelli und Volpino, Untersuchungen über Spirochaeta pallida Schaudinn bei Syphilis. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Orig.-Bd. XL, Heft 1.

2. Dieselben, Weitere Untersuchungen über die Gegenwart von Spirochaeta pallida Schaudinn bei primärer, sekundärer und tertiärer Syphilis. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Orig. Bd. XLI, Heft 1.

3. Bertarelli, Spirochaeta pallida und Osteochondritis. Zentralbl. f. Bakteriol. usw. I. Abt. Orig.-Bd. XLI, Heft 6.

4. Blaschko, Über Spirochaetenbefunde im syphilitisch erkrankten Gewebe. Med. Klinik Nr. 18, 1906.

5. Dontrelepont und Gronoen, Über den Nachweis von Spirochaeta pallida in tertiär-syphilitischen Produkten. Deutsch. med. Wochenschr. Nr. 23, 1906.

6. Finger, Untersuchungen über Syphilis an Affen. Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. in Wien. Math. naturw. Kl. Bd. 114, Abt. III, 1905.

7. Glück, Beiträge zur Kenntnis der Syphilis in Bosnien und der Herzegowina. Wien. med. Presse 1888.

8. Derselbe, Über das Alter, den Ursprung und die Benennung der Syphilis in Bosnien und der Herzegowina. Arch. f. Dermat. und Syph. Bd. XXI, 1889.

9. Derselbe, Die Syphilis und ihre Bekämpfung in Bosnien und der Herzegowina. Ber. d. internat. Syphilis-Konf. in Brüssel. Bd. II, 1899.

10. Hoffmann, E., Über die Spirochaeta pallida. Deutsche med. Wochenschr. 1905, Nr. 43.

11. Derselbe, Über die diagnostische Bedeutung der Spirochaeta pallida. Berl. klin. Wochenschr. Nr. 44, 1906.

12. Derselbe, Mitteilungen und Demonstrat. über experim. Syphilis, Spirochaeta pallida und andere Spirochaetenarten. Zentralbl. f. Bakteriol usw. I. Abt. Ref. Bd. XXXVIII. 1906.

13. Derselbe, Die Ätiologie der Syphilis nach dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse. Verh. der deutsch. dermatol. Gesellsch. IX. Kongr. 1907.

14. Krzysztalowicz et Siedlecki, Contribution à l'étude de la structure et du cycle évolutif de Spirochaeta pallida Schaudinn. Bull. de l'Acad. des sciences de Cracovie. 1905.

15. Schaudinn und Hoffmann, Vorläufiger Bericht über das Vorkommen von Spirochaeten in syphilitischen Krankheitsprodukten und bei Papillomen.

16. Dieselben, Zur Kenntnis der Spirochaeta pallida. Deutsche med. Wochenschr. Nr. 42, 1905.

17. Tomasczewski, Über den Nachweis der Spirochaeta pallida bei tertiärer Syphilis. Münch. med. Wochenschr. Nr. 27, 1906.

Der Ratinbazillus als Rattenvertilgungsmittel.

Von

Dr. Xylander,

Königlich Sächsischem Oberarzt im 11. Inf.-Regt. Nr. 139, kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Wiederholt sind Versuche angestellt worden, ein zuverlässiges Vertilgungsmittel für die Ratten zu finden. Besondere Aufmerksamkeit widmete man diesen Tieren, als in ihnen die gefährlichen Überträger der Pest erkannt wurden. So ist seinerzeit in Deutschland die Rattenvertilgungsfrage der Pestgefahr wegen für so wichtig gehalten worden, daß von seiten des Reichs-Gesundheitsrates eine eigne Kommission gewählt wurde, die mit der Ausfindigmachung eines wirksamen Verfahrens zur Vertilgung der Ratten sich beschäftigten sollte.

Auch andere Länder widmeten sich dieser Frage, so Frankreich, England, Amerika und besonders Dänemark. In letzterem Staate wurde in diesem Jahre ein Gesetz erlassen, nach welchem Vereinen, die sich mit der Rattenvertilgung befassen, eine staatliche Beihilfe gewährt wird.

Neben anderen Mitteln wie Phosphorlatwerge, Meerzwiebel, Claytongas, Frettchen wurden in neuester Zeit Bakterien — bacillus Danyß, Dunbar, Issatschenko — zur Rattenvertilgung verwendet.

Die praktischen Versuche mit dem bacillus Danyß[1]) ergaben ein verhältnismäßig günstiges Resultat, indem an 50 % der Versuchsorte eine fast völlige Vernichtung, an 30 % eine Verminderung und nur an 20 % ein negatives Resultat erzielt wurde.

Versuche von Bronstein[2]), Kister und Köttgen[3]), Abel[4]), Markl[5]), Klein und Williams[6]), Krauß[7]) und Rosenau[8]), bestätigten teils die Brauchbarkeit des Bakteriums als Rattenvertilgungsmittel, teils zeigten sie ein ungünstiges Resultat.

[1]) Danyß, Un microbe pathogène pour les rats et son application à la destruction de ces animaux. Annales de l'institut Pasteur 1900 p. 193.

[2]) Bronstein, Zur Frage der Rattenvertilgung mittels des Danyßbazillus. Deutsche med. Wochenschrift 1901, S. 577.

[3]) Kister und Köttgen, Über die von Danyß gefundenen, für Ratten pathogenen Bazillen. Deutsche med. Wochenschrift 1901, S. 18.

[4]) Abel, Versuche über die Verwendbarkeit des bacillus Danyß zur Vertilgung von Ratten. Deutsche med. Wochenschrift 1901, S. 869.

[5]) Markl, Über die Bedeutung des Danyßschen Bazillus bei der Rattenvertilgung. Zentralblatt für Bakt. und Parasitkd. Bd. XXXI Nr. 5.

[6]) Klein und Williams, Experiments with the Danyß Rat Bazillus. Lancet vol. 2 p. 440.

[7]) Krauß, Erfahrungen über den bacillus Danyß. Deutsche med. Wochenschrift 1901 Nr. 22.

[8]) Rosenau, Ref. im Archiv für Tierheilkunde 1901.

Die Laboratoriumsversuche mit einem von Issatschenko[1]) bei einer spontan eingegangenen Ratte gefundenen Bazillus ergaben in fast 100 % ein positives Resultat.

Bei den in großem Maßstabe mit ebendiesem Bazillus in Rußland angestellten Versuchen wurde an 70 % der Versuchsorte ein günstiges Resultat erzielt.

Über Laboratoriumsversuche mit einem von Dunbar bei einer unter seinen Versuchsratten aufgetretenen Epizootie gefundenen Erreger berichtet Trautmann[2]). Nach seinen Versuchsergebnissen gelang es 45 bis 50 % der zu diesem Versuche verwandten grauen Ratten zu vernichten.

In neuester Zeit wird zur Vertilgung von wilden Ratten ein Bakterienpräparat in den Handel gebracht, welches den von G. Neumann[3]) in Aalborg aus dem Harn eines zweijährigen, an einer Cystitis leidenden, Kindes gezüchteten „Ratinbazillus" enthält.

Dieses Präparat „Ratin" wird im bakteriologischen Laboratorium der Ratingesellschaft zu Kopenhagen und im bakteriologischen Institut der Landwirtschaftskammer zu Halle a. S. hergestellt.

Ratin kommt in verlöteten Blechbüchsen von ca. 200 ccm Inhalt in den Handel. Der Inhalt der Büchse besteht dem äußeren Aussehen nach anscheinend aus Brotkrume, welche mit Ratinbouillonkulturen getränkt ist.

Die chemische Untersuchung ergibt eine stärkehaltige Substanz, Albumosen und einen geringen Prozentsatz Fett.

Aus allen zu den Fütterungsversuchen benutzten Büchsen ließen sich Ratinreinkulturen züchten.

Kulturelles und biologisches Verhalten des Ratinbazillus.

In dem vom Inhalt der Büchsen und von einer daraus gezüchteten Reinkultur verfertigten Ausstrichpräparat lassen sich typhusähnliche Stäbchen nachweisen. Sie sind mit den gebräuchlichen Anilinfarben gut darstellbar; die Färbung nach Gram gelingt nicht.

Der Erreger ist lebhaft beweglich; bei Benutzung der Geißelfärbung sieht man an ihm eine Anzahl peritricher Geißelfäden. Sporenbildung wurde nicht beobachtet.

Auf gewöhnlichem Fleischwasseragar wächst das Stäbchen als zarte, feine, weißliche, durchsichtige Kolonie.

Gelatine wird nicht verflüssigt, sie läßt ein weißliches, feuchtes Wachstum der Kolonien erkennen.

Bouillon wird gleichmäßig getrübt, in derselben bildet sich nach Verlauf einiger Tage ein Häutchen, das nach längerem Stehen im Brutschrank zu Boden sinkt.

---

[1]) Issatschenko, Über einen neuen für Ratten pathogenen Bazillus. Zentralblatt für Bakt. und Parasitkde. Bd. XXIII, XXXI.

[2]) Trautmann, Bakterien der Paratyphusgruppe als Rattenschädlinge und Rattenvertilger. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheit. Bd. 54, S. 104.

[3]) Bahr, Zentralblatt für Bakt. und Parasit. Bd. XXXIX, S. 203.

Milch wird nicht zur Gerinnung gebracht; es wird in ihr nach mehrtägigem Wachstum stark Alkali gebildet, mit der Zeit wird sie gelblich und fast durchsichtig.

Auf Lackmusmilchzuckeragar wächst der Bazillus, ohne den Nährboden zu verändern, ähnlich dem Typhusbazillus, jedoch sind seine Kolonien etwas durchsichtiger und saftiger.

Lackmusmolke wird innerhalb 24 Stunden stark gerötet. Vom dritten Wachstumtage an nimmt die Molke unter zunehmender Trübung einen bläulichen Ton an, bis sie unter Klärung nach 4 bis 5 Tagen intensiv veilchenblau geworden ist. Am dritten bis vierten Tage bildet sich auf der Oberfläche eine Kahmhaut, die bald zu Boden sinkt.

Auf der von Löffler angegebenen Malachitgrün-Agarplatte, modifiziert nach Lentz und Tietz[1]) wächst das Stäbchen in zarten Kolonien unter Entfärbung des Nährbodens.

Die von Löffler angegebene Malachitgrünlösung wird nach 12 bis 18 Stunden getrübt und entfärbt.

Die zur Verwendung gelangte Löfflersche Grünlösung ist folgendermaßen zusammengesetzt:

2% Pepton Witte = 20 ccm einer 10%igen Lösung,
1% Nutrose = 10 ccm einer 10%igen Lösung,
5% Milchzucker = 20 ccm einer 25%igen Lösung.

Dazu 50 ccm destilliertes Wasser und 1,5 Normalkalilauge. Das ganze wird ½ Stunde gekocht und zur heißen Lösung 5 ccm einer 2%igen Malachitgrünlösung (Höchst 120 mit Dextrinzusatz) zugesetzt.

In Traubenzuckeragar erfolgt Vergärung und Gasbildung.

Bouillon mit Zusatz von Glukose, Maltose, Arabinose, Xylose und Dulcit wird vergoren, dagegen mit einem solchen von Laktose, Saccharose und Adonit nicht.

In Neutralrotagar erfolgt Gasbildung und Fluoreszenz.

Indolbildung konnte nicht beobachtet werden.

Das eigentümliche Verhalten des Ratinbazillus gegenüber den Nährböden, welche mit Lackmus und Malachitgrün hergestellt waren, legte die Vermutung nahe, daß derselbe in enger Beziehung zu einer der beiden Gruppen der sogenannten Fleischvergifter — Gärtner- und Paratyphus B-gruppe — stehe. Es wurden daher Versuche angestellt, vermittels der Agglutination die Zugehörigkeit des Ratinbazillus zu einer der beiden oben erwähnten Gruppen festzustellen. Diese Versuche wurden mit Seris angestellt, welche einen Agglutinationstiter von ungefähr 1 : 2000 hatten.

---

[1]) a) Lentz und Tietz, Eine Anreicherungsmethode für Typhus- und Paratyphusbazillen. Münchener med. Wochenschrift 1903, S. 2139. b) Lentz und Tietz, Weitere Mitteilungen über die Anreicherungsmethode für Typhus- und Paratyphusbazillen mittels einer Vorkultur auf Malachitgrünagar. Klinisches Jahrbuch 1905, S. 495. c) Löffler, Ein neues Verfahren zum kulturellen Nachweis der Typhusbazillen in Fäces, Wasser, Erde. Deutsche med. Wochenschrift Nr. 36, Vereinsbeilage.

Bei den Agglutinationsversuchen wurde stets die von Kolle vorgeschlagene makroskopische Methode angewandt.

Folgende Sera standen mir zu diesen Untersuchungen zur Verfügung:

1. B. enterit. Gärtner Kaninchen-Antiserum Tab. I.
2. B. Ratin. Kaninchen-Antiserum Tab. II.
3. B. enterit. Gärtner (Drigalski). Kaninchen-Antiserum Tab. III.
4. B. Danyß. Kaninchen-Antiserum Tab. IV.
5. B. Dunbar. Kaninchen-Antiserum Tab. V.
6. B. paratyph. B. Kaninchen-Antiserum Tab. VI.
7. B. febris gastricae Kaninchen-Antiserum Tab. VII.
8. B. paratyph. B. Greifswald. Kaninchen-Antiserum Tab. VIII.
9. B. suipestifer. Esel-Antiserum Tab. IX.
10. B. typhi. Esel-Antiserum Tab. X.
11. B. paratyphi A. Kaninchen-Antiserum Tab. XI.
12. Mäusetyphus Kaninchen-Antiserum Tab. XIa.

Der größte Teil dieser vorgenannten Sera wurde mir von Direktor Dr. Uhlenhuth zur Verfügung gestellt[1]), während Serum 2, 4, 5, 6 und 11 von mir in der Weise hergestellt wurden, daß Kaninchen intravenös mit den entsprechenden Bakterien vorbehandelt wurden; und zwar erhielten dieselben intravenös zunächst eine Öse einer eine halbe Stunde lang auf 65° C erhitzten Agarkultur, nach sechs Tagen eine zweite Einspritzung mit zwei Ösen und nach weiteren sechs Tagen eine nochmalige von vier Ösen. Die meisten Tiere lieferten dann ein hochwertiges agglutinierendes Serum (1 : 50000).

Tabelle I. B. enteritid. Gärtner. Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Mooseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Aertryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	†	†	†	0	0	†	0	0	0	†	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1000	†	†	†	††	††	†	†	†	††	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

†† Überstehende Flüssigkeit klar, flockiger Bodensatz; † trübe flockig; 0 keine Agglutination.

[1]) Diese Sera waren für vergleichende Untersuchungen über die Erreger von Fleischvergiftungen von Uhlenhuth hergestellt. — Uhlenhuth, Zur Kenntnis der gastriontestinalen Fleischvergiftungen und ihrer Erreger. v. Leuthold, Gedenkschrift I. Bd.

Tabelle II. B. Ratin Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1:100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	†	0	†	†	†	0	†	0	0	0	†	†	0	0	0
1:200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:1 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:2 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:5 000	††	†	††	††	†	††	††	††	††	†	†	†	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:20 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:40 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:50 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8% NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle III. B. enteritid. Gärtner (Drigalski) Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1:100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:400	††	††	††	†	††	††	†	††	†	†	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:1000	†	†	††	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:2000	†	†	††	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8% NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle IV. B. Danysz Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1:100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	†	0	†	†	0	†	†	0	0	0	†	†	0	0	0
1:200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:1 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:2 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:5 000	†	†	††	†	††	†	†	††	††	††	††	†	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:20 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:40 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:50 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8% NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle V. B. Dunbar Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Paratyphus A	Typhus	Coli VI	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	†	0	†	†	†	0	†	0	0	0	†	†	0	0	0
1 : 200	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 400	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 1 000	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 2 000	††	††	†	†	†	††	††	††	††	†	†	†	††	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 5 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 20 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 40 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 : 50 000	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle VI. B. paratyph. B. Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	†	††	†	††	†	††	†	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle VII. Febris gastrica. Kaninchen-Antiserum.

Serumverdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	†	†	†	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle VIII. Bact. paratyph Greifswald. Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	†	†	†	††	†	†	†	†	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle IX. Schweinepest Esel-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	††	†	††	†	†	†	††	†	††	†	††	0	0	0	0
1 : 5 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 20 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 40 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 50 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle X. Bact. Typhi. Esel-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	††	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	††	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle XI. Bact. paratyphi A. Kaninchen-Antiserum

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Dunbar	Danysz	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	0	0
1 ; 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle XIa. Mäusetyphus Kaninchen-Antiserum.

Serum-verdünnung	Gärtner Ermengem	Gärtner (Institut)	Gärtner (Drigalski)	Gärtner (Ges.-Amt)	Moorseele	Gent	Ratin	Danysz	Dunbar	Brügge	Airtryk	Rumfleth	Haustedt	Paratyphus B	Febris gastrica	Breslau	Düsseldorf	Greifswald	Lehr	Meirelbeck	Sirault	Neunkirchen	Westmann	Mäusetyphus	Schweinepest	Typhus	Paratyphus A	Coli IV	Coli (Ges.-Amt)
1 : 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	††	†	0	0	0
1 : 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	††	††	†	††	††	††	††	††	††	††	††	††	0	0	0	0
1 : 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	††	††	††	††	††	†	†	††	††	0	0	0	0
1 : 1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
1 : 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	0	0	0	0
0,8 % NaCl-Lösung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bei diesen Versuchen wurden zum Vergleich eine möglichst große Anzahl der zu beiden Gruppen gehörigen und bei den verschiedensten Epidemien von Fleischvergiftungen — Frankenhausen (v. Ermengem), Moorseele, Gent, Brügge, Airtryk, Rumfleth, Haustedt, Breslau, Düsseldorf, Greifswald, Meirelbeck, Sirault, Neunkirchen — gezüchteten Erregern, und außerdem Stamm Gärtner I (Institut), Gärtner II (Drigalski) Gärtner III (Ges.-Amt), Danyß, Dunbar, Paratyphus B, febris gastrica, Westmann, Lehr, Mäuse-Typhus, Schweinepest, Typhus, Paratyphus A, Coli IV und Coli (Ges.-Amt) herangezogen (siehe Tabelle I bis XI).

Aus den in vorstehenden Tabellen aufgezeichneten Versuchsergebnissen geht ohne Zweifel hervor, daß der Ratinbazillus zur Gärtnergruppe gehört.

Des weiteren ergibt sich eine Bestätigung der seinerzeit von Uhlenhuth[1]),

[1]) Uhlenhuth a. a. O.

Conradi, v. Drigalski und Jürgens[1]), Bruns und Kayser[2]), Korte[3]), Hoffmann[4]), Kayser[5]), Lipschütz[6]), Porcile[7]), Kutscher und Meinicke[8]), Kolle[9]) u. a. gemachten Beobachtung daß durch die Agglutination mittels eines hochwertigen spezifischen Paratyphusimmunserums mit Sicherheit der Paratyphus Typus B vom Typhusbazillus sowie von Paratyphus Typus A zu trennen ist. Die Mitagglutination für Paratyphusbazillen durch künstliches Typhusimmunserum ist im allgemeinen gering.

Mit Hilfe der Agglutination ist ferner das Bakterium Paratyphi B mit Sicherheit, wie auch schon von anderer Seite nachgewiesen[10]), vom bacillus enteritidis Gärtner, nicht jedoch von den zur sogenannten Hogcholeragruppe gehörenden Bakterien, dem Löfflerschen Mäusetyphusbazillus und dem bacillus suipestifer zu trennen.

Weiterhin ergibt sich aus dem in Tabelle II, IV und V verzeichneten Agglutinationsergebnis, daß der bacillus Danyß und bacillus Dunbar sich identisch mit dem Ratinbazillus und den anderen Vertretern der Gärtnergruppe erweisen, was auch Trautmann schon bei seinen Untersuchungen festgestellt hat.

Es wurde nun der Bazillus bezüglich seiner Tierpathogenität geprüft.

Impft man weiße Ratten mit einer $^1/_{100}$ Öse einer 24stündigen Agarkultur intraperitoneal, so gehen dieselben meist nach 24 bis 36 Stunden zugrunde.

---

[1]) Conradi, v. Drigalski und Jürgens, Über eine unter dem Bilde des Typhus verlaufende, durch einen besonderen Erreger bedingte Epidemie. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 42, S. 141.

[2]) Bruns und Kayser, Über die Verwerthbarkeit des Agglutinations-Phänomens zur klinischen Diagnose und zur Identifizierung von Bakterien der Typhus-Coligruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 43, S. 401.

[3]) Korte, Ein Beitrag zur Kenntnis des Paratyphus. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 44, S. 241.

[4]) Hoffmann, Zur Frage des Paratyphus mit besonderer Berücksichtigung der bei ihm fehlenden Widalschen Reaktion. Hygienische Rundschau 1902, Nr. 17.

[5]) Kayser, Über den Typus A des Bakterium paratyphi, Typhus-Serumerfahrungen und zur Mischinfektionsfrage. Deutsche med. Wochenschrift 1904, Nr. 49.

[6]) Lipschütz, Über die bakteriologische Diagnose des typhus abdominalis mit Hilfe des v. Drigalski-Conradischen Nährbodens und der Agglutination. Zentralblatt für Bakt. 35, S. 798.

[7]) Porcile, Beitrag zur differential-diagnostischen Unterscheidung der Typhus- und typhusähnlichen Bakterien mit Hilfe der Agglutination. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 50, S. 215.

[8]) Kutscher und Meinicke, Vergleichende Untersuchungen über Paratyphus, Enteritis und Mäusetyphusbakterien und ihre immunisatorischen Beziehungen. Zeitschrift für Hygiene Bd. 52, Seite 301.

[9]) Kolle, Über Paratyphus und den Wert der Immunitätsreaktionen für die Erkennung des Paratyphusbazillus. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 52, S. 287.

[10]) a) Trautmann, Der Bazillus der Düsseldorfer Fleischvergiftung und die verwandten Bakterien der Paratyphusgruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 45, S. 139. b) Fischer, Zur Ätiologie der sogenannten Fleischvergiftungen. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 39, S. 447. c) Smidt, Zur Charakterisierung der Hogcholeragruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 38, S. 24. d) Porcile a. a. O. e) Vagedes, Klinisches Jahrbuch 1905, 14 H. 5. f) Böhme, Weiterer Beitrag zur Charakterisierung der Hogcholera-(Paratyphus-)Gruppe. Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 52, S. 97. g) Uhlenhuth a. a. O. h) Kolle a. a. O. i) Kutscher und Meinicke a. a. O. k) Bock, Arb. a. d. Kaiserl. Ges.-Amte 1906 Bd. 24, H. 2. l) Trommsdorf, Über Mäusetyphusbazillen und seine Verwandten. Archiv für Hygiene Bd. 55, S. 279. m) Levy und Fornet. Zit. nach Kayser. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasit Bd. 41. n) Kutscher, Zeitschrift für Hygiene und Infekt. Bd. 56.

Weiße Mäuse gehen schon bei subkutaner Impfung von $^1/_{100}$ Öse nach 12 bis 18 Stunden ein.

Meerschweinchen sterben bei subkutaner Injektion von $^1/_{100}$ Öse Kultur in 12 bis 18 Stunden.

Bei allen Tieren sah man bei der Sektion folgendes Bild:

Das Peritoneum ist meist stark infiziert, bei intraperitonealer Impfung findet man einen fibrinösen Belag, der zuweilen die Darmschlingen miteinander verklebt. Die Schleimhaut des Darmes ist meist stark injiziert, nicht selten sieht man Blutungen in die Gewebe. Der Inhalt des Darmes ist gewöhnlich dünn, gelb, gashaltig oder hämorrhagisch. Die Milz ist immer stark vergrößert. Die Nieren sind vergrößert, hyperämisch. Die Lungen sind meist normal, doch findet man häufig kleine Blutungen. Die Drüsen sind oft vergrößert, stark injiziert. Aus allen Organen läßt sich der Ratinbazillus in Reinkultur züchten.

II. Fütterungsversuche.

Nach der auf den Büchsen angebrachten Anweisung werden durch Füttern mit Bakterienpräparat Ratten, Mollmäuse (Wasserratten) und Hamster nach fünf bis neun Tagen getötet.

Das Futter (Ratin) soll nach Sonnenuntergang an vor Regen und Licht geschützten Stellen in teelöffelgroßen Portionen ausgelegt werden; die Portionen sind unmittelbar vor dem Auslegen lose in Papier einzupacken. Das Auslegen des Futters soll fortgesetzt werden, bis dasselbe nicht mehr angerührt wird, in der Regel zwei bis drei Mal in Zwischenräumen von acht Tagen.

Zu den Fütterungsversuchen wurden bunte Ratten, graue Ratten, weiße Mäuse, graue Mäuse, Kaninchen, Meerschweinchen, Schweine sowie Tauben verwendet.

Um den Vorschriften für das Auslegen möglichst gerecht zu werden, wurde so verfahren, daß die Versuchstiere während der Dauer der Fütterung und Aufnahme des Futters im Dunkeln gehalten wurden. Die Tiere bekamen so lange kein Futter, bis das Ratin vollkommen aufgenommen war.

Aus Zusammenstellung XII (Seite 155 und 156) ergibt sich, daß nach zwei- bis dreimaligem Verfüttern der vorgeschriebenen Ratinmenge in Zwischenräumen von acht Tagen von 26 grauen Ratten 5 = 19,2 %, nach mehr als dreimaligem Verfüttern 7 = 26,9 % insgesamt 12 = 46,1 % eingingen.

Durch Verfüttern von Semmelstückchen, welche mit selbst hergestellten 24 Stunden alten Ratinbouillonkulturen getränkt waren, verendeten von acht Ratten 4 = 50 %.

Von sechs grauen Ratten, welche mit den Organen von an Ratin eingegangenen Ratten gefüttert wurden, starben sämtliche = 100 %.

Von den fünf gefütterten bunten Ratten gingen alle ein = 100 %.

Von vier gefütterten weißen Mäusen starben alle, während von 12 grauen Hausmäusen nur 50 % eingingen. Kaninchen, Meerschweinchen, Schweine, Tauben starben nach Fütterung mit Ratin nicht. (Tabelle IX.)

Tabelle XII. Fütterungsversuche mit dem Ratinpräparat.

	Versuchstier	Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologische Diagnose
Graue Ratte aus Charlottenburg aus einer chemischen Fabrik	1	Ein Teelöffel = 15 g des Original Ratinrattenvertilgungsmittels, vom 28. Juli 06	20 8., 28.8., 6.9., 18.9.	lebt	
	2			† am 8. 10.	Tod durch Ratin
	3		20.8., 28.8.	† am 30. 8.	
	4		20.8., 28.8., 6.9., 18.9., 8.10.	lebt	
	5		3.9., 11.9.	† am 13. 9.	Tod nicht durch Ratin
	6		3.9., 11.9., 18.9.	† am 21. 9.	Tod durch Ratin
	7		3.9., 11.9., 18.9.	† am 25. 9.	
	8		3.9., 11.9., 18.9., 26.9., 4 10., 8.10.	leben	
	9				
	10				
	11		3.9., 11.9.	† am 13. 9.	Tod durch Ratin
	12		3.9., 11.9., 18.9., 26.9., 4.10., 8.10.	lebt	
	13		3.9., 11.9., 18.9.	† am 22. 9.	Tod durch Ratin
	14		3.9., 11.9., 18.9., 26.9., 4.10, 8.10.	† am 12. 10.	
Graue Ratte aus der Zentralmarkthalle	15	Ein Teelöffel = 15 g Ratin, vom 5. Sept. 06	18 9., 26.9, 4.10., 6.10., 7.10. 8.10., 9.10, 10.10., 11.10.	† am 11. 10.	Tod durch Ratin
	16			leben	
	17				
	18			† am 24. 10.	Tod durch Ratin
	19			† am 18. 10.	
	20			leben	
	21				
	22				
	23				
	24			† am 20. 10.	Tod durch Ratin
	25			lebt	
	26			† am 17. 10.	Tod durch Ratin
Graue Ratte aus der Zentralmarkthalle			täglich gefüttert vom:		
	27	Semmelstückchen mit einer 24stündigen Ratinbouillonkultur	5.10. bis 16.10.	† am 17. 10.	Tod durch Ratin
	28		5.10. bis 18.10.	† am 20. 10.	
	29			† am 15. 10.	
	30			leben	
	31				
	32				
	33				
	34			† am 13. 10.	Tod durch Ratin
Bunte Ratte	1	Ein Teelöffel Ratin = 15 g, vom 28. Juli 07	14.8., 23.8., 1.9.	† am 19. 9.	Tod durch Ratin
	2			† am 22. 9.	
	3			† am 3. 9.	
	4				
	5				
Graue Ratte	1 a	Mit Rattenorganen von an Ratin eingegangenen Ratten	15. 10.	† am 17. 10.	Tod durch Ratin
	2 a		17. 10.	† am 21. 10.	
	3 a		18. 10.	† am 23. 10.	
	4 a		18. 10.	† am 25. 10.	
	5 a		20. 10.	† am 25. 10.	
	6 a		20. 10.	† am 27. 10.	

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologische Diagnose
Weiße Maus	1 2 3 4	5 g Ratin, vom 28. Juli 07	15. 8., 23. 8., 1. 9., 10. 9.	† am 20. 10. † am 4. 10 † am 19. 9. † am 3. 10.	Tod durch Ratin
Hausmaus	1 2 3 4 5 6	5 g Ratin, vom 28. Juli 07	23. 8., 1. 9., 8. 9., 17. 9., 25 9.	leben † am 28. 10. † am 9. 10.	Tod durch Ratin
	7 8 9 10 11 12	5 g Ratin, vom 5. Sept. 07	11. 9., 18. 9., 27. 9., 7. 10.	† am 10. 10. † am 14. 10. † am 8. 10. † am 15. 10. leben 	
Meerschweinchen	1 2 3 4 5	Mit der Magensonde 10 ccm Ratin-bouillon-kultur in den nüchternen Magen eingebracht	11 9., 18. 9., 27. 9., 4. 10.	leben	
Kaninchen	1 2 3	Mit der Magensonde 20 ccm Ratin-bouillon-kultur in den nüchternen Magen eingebracht	12. 9., 19. 9., 28. 9., 5. 10.	leben	
Tauben	1 2 3 4	Mittels Pravazspritze 5 ccm Ratin-bouillon-kultur in den Kropf eingespritzt	12. 9., 19. 9., 28. 9., 5. 10., 12. 10.	leben	
1 Schwein		Jeden dritten Tag mit 30 ccm Ratin-bouillon-kultur gefüttert	4. 1., 7. 1., 10. 1., 13. 1., 16. 1., 19. 1.	lebt	

Das verschiedene Verhalten der grauen Ratten gegenüber der Infektion per os mit Ratin läßt, wie ebenfalls Trautmann[1]) und Bahr[2]) schon annahmen, den Gedanken aufkommen, daß die Herkunft der Ratten eine Rolle bei der verschiedenen Widerstandsfähigkeit derselben gegenüber Ratin spielt.

Zur Klärung dieser Frage wurden graue Ratten aus verschiedenen Gegenden beschafft und mit Ratin gefüttert, so von einem Holzplatz, aus Laubenkolonien und aus einer Knochenmühle.

Dabei wurde gleichzeitig darauf geachtet, daß die einzelnen Tiere möglichst gleich groß waren und dasselbe Kulturmaterial erhielten.

Je zehn Ratten dieser verschiedenen Stämme wurden nun in der oben schon erwähnten Weise mit Ratinbouillonkulturen gefüttert. (Tab. XIII.)

Tabelle XIII.

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologischer Befund
Graue Ratten aus einer Laubenkolonie	1	Gefüttert	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11.	† am 10. 11.	Tod durch Ratin
	2	mit Semmel-	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11., 12. 11.	lebt	
	3	stückchen,	7. 10., 14. 10., 21. 10.	† am 27. 10.	Tod durch Ratin
	4	welche mit	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10.	† am 30. 10.	
	5	20 ccm einer	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11., 12. 11.	lebt	
	6	24stündigen	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10.	† am 30. 10.	Tod durch Ratin
	7	Ratin-	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11., 12. 11.	lebt	
	8	bouillon-	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11.	† am 8. 11.	
	9	kultur ge-	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10., 5. 11.	† am 1. 11.	Tod durch Ratin
	10	tränkt waren	7. 10., 14. 10., 21. 10., 28. 10.	† am 29. 10.	
Graue Ratten von einem Holzplatz	1	Wie vor	8. 10., 15. 10., 22. 10.	† am 23. 10.	Tod durch Ratin
	2		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 30. 10.	
	3		8. 10., 15. 10., 22. 10.	† am 25. 10.	
	4		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10., 6. 11.	† am 7. 11.	
	5		8 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 30. 10.	
	6		8. 10., 15. 10., 22. 10.	† am 25. 10.	
	7		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 29. 10.	
	8		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10., 6. 11., 14. 11.	† am 18. 11.	
	9		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10.	† am 5. 11.	
	10		8. 10., 15. 10., 22. 10., 29. 10., 6. 11.	† am 6. 11.	
Graue Ratten aus einer Knochenmühle	1	Wie vor	9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11.	† am 10. 11.	Tod durch Ratin
	2		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11.	† am 11. 11.	
	3		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.	lebt	
	4		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11.	† am 5. 11.	Tod durch Ratin
	5		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.	leben	
	6		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.		
	7		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11.	† am 15. 11.	Tod durch Ratin
	8		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.	leben	
	9		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11., 9. 11., 17. 11.		
	10		9. 10., 16. 10., 23. 10., 1. 11.	† am 2. 11.	Tod durch Ratin

[1]) Trautmann a. a. O.

[2]) Bahr, über die zur Vertilgung von Ratten und Mäusen benutzten Bakterien. Zentralblatt für Bakt. und Parasit. Bd. XXXIX, S. 263.

Tabelle

Serum von Ratten aus einer Knochenmühle. Aufschwemmung = 100000 fache

1	1/2 ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung 1/100000	+ 1/2 ccm normales Kaninchen-serum 1/10	+ 1 ccm Ratttenserum-verdünnung	1 : 10
2	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 20
3	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 50
4	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 100
5	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 200
6	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 500
7	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 1000
8	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 2000
9	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 5000
10	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 10000
I	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ Kochsalzlösung 0,8%	sofort Platte gegossen	
II	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ „	nach 3 Std. „ „	
III	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ normales Kaninchenserum 1/10		

Tabelle

Serum von Ratten aus einer Laubenkolonie. Aufschwemmung = 100000 fache

1	1/2 ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung 1/100000	+ 1/2 ccm normales Kaninchen-serum 1/10	+ 1 ccm Rattenserum-verdünnung	1 : 10
2	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 20
3	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 50
4	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 100
5	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 200
6	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 500
7	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 1000
8	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 2000
9	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 5000
10	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 10000
I	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ Kochsalzlösung	sofort Platte gegossen	
II	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ „	nach 3 Std. Platte gegossen	
III	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ normales Kaninchenserum 1/10		

Tabelle

Serum von Ratten von einem Holzplatz. Aufschwemmung = 100000 fache

1	1/2 ccm einer Ratinbouillon-aufschwemmung 1/100000	+ 1/2 ccm normales Kaninchen-serum 1/10	+ 1 ccm Rattenserum-verdünnung	1 : 10
2	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 20
3	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 50
4	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 100
5	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 200
6	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 500
7	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 1000
8	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 2000
9	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 5000
10	1/2 „ „	+ 1/2 „ „ 1/10	+ 1 „ „	1 : 10000
I	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ Kochsalzlösung 0,8%	sofort Platte gegossen	
II	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ „ 0,8%	nach 3 Std. Platte gegossen	
III	1/2 „ „	+ 1 1/2 „ normales Kaninchenserum 1/10		

XIV.

Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
7125	8316	8494	7128	9504	9202	8318	8910	7128	8494
7125	9208	8558	7376	9504	8910	8318	8910	7376	9208
8168	**5752**	8648	**2376**	8910	9504	8910	**4216**	7376	**5846**
4748	**6554**	8746	**4940**	8910	9348	9202	**5910**	7870	**6128**
7125	9148	8826	7128	9202	9504	8910	8534	7870	8544
7125	**5846**	8648	**4752**	9504	9202	9348	**4410**	8464	**5456**
5444	8128	8553	7722	8910	8910	9202	7870	8840	8860
7455	9128	8841	7722	9202	9348	9504	9504	8464	8648
8048	9208	8026	7722	9504	9104	9806	9504	8464	8840
8841	9322	8826	7128	9504	9408	9650	9504	8464	8840
2040	2504	2846	2848	2504	2504	2942	2504	2848	2840
8648	8556	8494	8746	9202	9348	9504	8910	8746	· 2556
8648	8494	8746	8826	9202	9202	9348	9504	8826	8648

XV.

Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
8840	8830	8890	7860	7920	7890	8190	7120	8960	9080
8780	8710	7890	7920	8040	7920	8030	7060	8840	8840
8900	**4950**	8710	8040	**4710**	7980	8190	7240	8780	8960
8840	**6770**	8830	7980	**5830**	8110	8310	7860	**4780**	9020
8900	7980	7950	8080	7950	8040	8370	7740	**6900**	8960
9020	8040	8710	7920	8040	7950	8190	7860	9020	9080
8960	**4710**	8830	7980	**4880**	8110	8370	7980	**4890**	9140
9080	8780	8896	8040	8890	8280	8770	7920	8890	8840
9020	8770	8770	8140	8770	8040	8830	7980	8830	8890
9020	8830	8890	8260	8830	8010	8890	8040	9020	9140
2010	2210	2210	2070	2130	2130	2210	2370	2370	2550
8840	8780	8830	7980	8770	8110	8190	7980	8900	9140
8960	8830	8710	8040	7950	8230	8370	7860	9020	8960

XVI.

Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
7870	8316	7128	8494	8910	8316	7128	7870	8494	8910
8494	8756	8994	8594	8894	8694	8594	8670	8840	8648
8728	8566	8840	8840	9202	8728	8840	8994	8694	9202
8594	8840	8728	8694	8840	8840	8648	8870	8840	8694
8840	8670	8840	8840	8728	8648	8840	8840	8566	8840
8694	8840	8994	8840	8840	8994	8840	8566	8840	8994
8840	8840	8994	8910	9202	8840	8994	8840	8740	8840
8566	8840	8840	8994	8994	8840	8910	8868	8760	8614
8840	8868	8840	8648	8994	8728	8994	8694	8840	8794
8840	8694	8894	8994	9202	8994	8840	8994	8648	8894
2848	2504	2942	2848	2848	2504	2564	2504	2848	2848
8910	8648	9202	8910	8746	8648	8910	8746	8648	8648
8994	8494	8994	8946	8694	8946	8994	8494	8994	8694

Von diesen zehn Ratten aus der Laubenkolonie gingen acht, und von zehn von einem Holzplatz alle ein, während von den zehn aus einer Knochenmühle stammenden Ratten fünf am Leben blieben.

Dieser Ausfall des Versuchsergebnisses legte die Vermutung nahe, daß im Blute einer großen Anzahl wilder Ratten spezifische gegen den Ratinbazillus gerichtete Schutzstoffe vorhanden sein müssen, welche die Tiere hochgradig resistent oder völlig immun machen.

Es lag nun nahe, das Blut der wilden Ratten, bevor sie in Versuch genommen wurden, auf etwa vorhandene Schutzkörper gegenüber dem Ratinbazillus zu prüfen.

Die Prüfung des Rattenserums auf spezifische Schutzstoffe geschah in vitro.

Bei der Technik der Reagensglasversuche wurden im wesentlichen die von Neisser und Wechsberg, Stern und Korte angegebenen Vorschriften befolgt. In eine Reihe von sterilen Reagensgläsern wurden 0,5 ccm einer 100000fachen Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Stunden alten Ratinagarkultur gefüllt. Als Komplementzusatz wurde 0,5 ccm ganz frischen, mittels steriler physiologischer Kochsalzlösung auf 1 : 10 verdünnten Kaninchenserums genommen. Zu dieser Mischung (Kulturaufschwemmung + $^1/_{10}$-Normal-Kaninchenserum) wurde 1 ccm fallender Mengen ($^1/_{10}$, $^1/_{20}$ usw. bis $^1/_{10000}$) des zu prüfenden Rattenserums zugesetzt und gleichmäßig vermischt.

Die Verdünnungen des Rattenserums, das zwecks Inaktivierung eine halbe Stunde bei 55 bis 60° gehalten war, wurde mit steriler physiologischer Kochsalzlösung hergestellt.

Auf Reinheit, Keimfreiheit und sorgfältige Herstellung der Kochsalzlösung wurde besonders Bedacht genommen.

Nachdem die Röhrchen drei Stunden im Brutschrank bei 37° C. gehalten waren, wurde ihr Inhalt zu Agarplatten verarbeitet und zwar wurde dabei zunächst der Inhalt der Röhrchen in je eine frisch sterilisierte Petrischale ausgegossen und in dieser mit 10 ccm Agar von 45° durch mehrfaches Schwenken so vermischt, daß die Mischung gleichmäßig über die ganze Platte verteilt war. Nach eingetretener Erstarrung wurde eine dünne Schicht sterilen Agars darüber gegossen, um ein die Beurteilung störendes Oberflächenwachstum zu verhindern. Nach 18stündigem Verweilen im Brutschrank wurde eine Zählung der ausgewachsenen Kolonien vorgenommen und festgestellt, bei welchen Verdünnungen des Serums eine auffallende Verminderung der eingebrachten Keime stattgefunden hatte. Die Zahl derselben wurde unter dem Mikroskop durch Auszählen einzelner Gesichtsfelder mit dem Okularmikrometer festgestellt. Bei den Untersuchungen wurde Wert darauf gelegt, die annähernd genaue Kolonienzahl zu bestimmen.

Folgende Kontrollen wurden bei jedem Versuch angesetzt: 1. Platte I zeigte die überhaupt zur Aussaat gelangende Keimzahl an. 2. Platte II wurde aus einem denselben Inhalt wie I d. h. 0,5 ccm Kulturmenge und 1,5 ccm Kochsalzlösung, enthaltenden Röhrchen, jedoch erst nach 3stündigem Verweilen im Brutschrank bei 37° C. angelegt. 3. Platte III sollte den Einfluß des Komplementzusatzes zeigen. Röhrchen III enthielt demnach 0,5 ccm Kulturaufschwemmung, 0,5 ccm $^1/_{10}$-Normal-

Kaninchenserum (Komplement) und 1 ccm Kochsalzlösung. Außerdem wurden bei jedem Versuch Kontrollen auf die Sterilität des Komplements und des spezifischen Serums gemacht.

Die Gewinnung von Rattenserum wurde nach der Methode von Czaplewski so vorgenommen, daß ein Stückchen des mit Alkohol und Sublimatlösung sterilisierten Schwanzes abgeschnitten und das hervorquellende Blut mit einem an einem Drahtstück befestigten sterilem Wattebausch aufgesogen wurde. Der Wattebausch wurde vermittels des Drahtes in einem kleinen sterilen Zentrifugierröhrchen befestigt und zentrifugiert.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tabelle XIV bis XVI (S. 158 u. 159) zusammengestellt. Aus denselben läßt sich ersehen, daß bei einem Teil der untersuchten Ratten sich im Blute Stoffe finden, welche auf den Ratinbazillus in vitro entschieden entwicklungshemmende Eigenschaften entfalten und zwar zeigen sich dieselben am stärksten bei einer Rattenserumverdünnung von 1 : 50 bezw. 1 : 100 und 1 : 500 bezw. 1 : 1000.

Diese bakteriziden Stoffe übten auf andere Bakterien, Coli, Paratyphus B., wie durch Kontrollversuche festgestellt wurde, keinen Einfluß aus. Es handelt sich hier also wohl um durchaus spezifische Stoffe, und es liegt nahe auf Grund unserer Versuchsergebnisse, diese in vitro auf den Ratinbazillus entwicklungshemmenden Stoffe mit den im Tierkörper wirkenden Bakteriolysinen für identisch zu erklären.

Inwieweit diese entwicklungshemmende Eigenschaft des Blutes mit einer etwa früher stattgehabten Infektion mit Bakterien der Gärtnergruppe zusammenhing, konnte nicht ermittelt werden. Jedenfalls konnten in den Ausscheidungen der Tiere, bevor sie in den Versuch genommen wurden, keine Bakterien der Gärtnergruppe nachgewiesen werden.

Diese untersuchten Tiere wurden in der eingangs erwähnten Weise mit Ratinbouillonkulturen gefüttert.

Tabelle XVII.

	Versuchstier	Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1907	Bakteriologische Diagnose
Ratten aus einer Knochenmühle	1	Semmelstückchen mit 20 ccm einer 24 Stunden alten Ratinbouillonkultur getränkt	**30. 1., 3. 2., 9. 2., 15. 2., 20. 2., 27. 2., 5. 3., 11. 3., 18. 3., 25. 3.**	**leben**	
	2				
	3		30. 1., 3. 2., 9. 2., 15. 2.	† am 15. 2.	Tod durch Ratin
	4		**30. 1., 3. 2., 9. 2., 15. 2., 20. 2., 27. 2., 5. 3., 11. 3., 18. 3.**	**lebt**	
	5		15. 2., 20. 2., 27. 2.	† am 28. 2.	Tod durch Ratin
	6			† am 28. 2.	
	7			† am 1. 3.	
	8		**20. 2., 27. 2., 5. 3., 11. 3., 18. 3., 25. 3., 2. 4., 10. 4., 18. 4.**	**lebt**	
	9		20. 2., 27. 2., 5. 3., 12. 3., 20. 3., 27. 3., 2. 4., 10. 4., 18. 4., 25. 4.	lebt	
	10			lebt	

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1907	Bakteriologische Diagnose
Ratten aus einer Laubenkolonie	1	Wie vor	16. 1., 24. 1., 30. 1.	† am 5. 2.	Tod durch Ratin
	2		**16. 1., 24. 1., 30. 1., 6. 2.**	lebt	
	3		16. 1., 24. 1., 30. 1., 6. 2., 14. 2., 21. 2., 27. 2., 6. 3., 13. 3., 21. 3.	† am 28. 2.	Tod durch Ratin
	4			† am 25. 3.	
	5		**17. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2.**	lebt	
	6		17. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2., 22. 2., 1. 3., 7. 3., 14. 3., 22. 3.	lebt	
	7		12. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2.	† am 17. 2.	Tod durch Ratin
	8		17. 1., 25. 1., 7. 2., 15. 2., 22. 2., 1. 3., 7. 3., 14. 3., 22. 3.	† am 27. 3.	
	9		**19. 2., 26. 2., 5. 3., 12. 3., 22. 3., 1. 4., 8. 4., 16. 4.**	lebt	
	10		19. 2., 26. 2., 5. 3.	† am 11. 3.	Tod durch Ratin
Ratten von einem Holzplatz	1	Wie vor	3. 2., 10. 2., 17. 2.	† am 18. 2.	Tod durch Ratin
	2			† am 20. 2.	
	3			† am 19. 2.	
	4			† am 21. 2.	
	5			† am 23. 2.	
	6		11. 2., 19. 2., 26. 2.	† am 27. 2.	
	7			† am 26. 2.	
	8			† am 1. 3.	
	9		26. 2., 1. 3., 10. 3., 16. 3.	† am 17. 3.	
	10			† am 19. 3.	

Bei den mittels fetteren Drucks kenntlich gemachten Ratten wurden, wie aus Tabelle XIV bis XVI ersichtlich, bakterizide Stoffe im Blute gefunden.

Von den fünf Ratten aus der Knochenmühle, bei welchen sich Schutzstoffe im Blute nachweisen ließen, ging nach zehnmaliger Fütterung keine ein, ebenso starb von den drei Ratten aus der Laubenkolonie keine.

Um nun weiter klar zu stellen, inwieweit die Nahrung der Ratten aus der Knochenmühle etwa eine Rolle bei der Widerstandsfähigkeit spiele, wurde folgender Versuch angestellt.

Es wurden von dem Holzplatze zehn Ratten, deren Blut vorher auf Schutzstoffe gegenüber dem Ratinbazillus geprüft war, vier Wochen lang mit Abfällen aus der Knochenmühle — bestehend aus getrockneten Fleischabfällen, Mais und Hafer — gefüttert, und dann weiter genährt mit Ratinbouillonkulturen in Abständen von acht Tagen. Bei diesen Tieren ließen sich nach der Fütterung weder im Blute entwicklungshemmende Stoffe nachweisen, noch blieben sie am Leben (Tabelle XVIII).

Tabelle XVIII.

Fütterung von Holzplatzratten mit Abfällen aus der Knochenmühle.

Versuchstier	Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des event. Todes 1906	Bakteriologische Diagnose
1	Semmelstückchen getränkt mit 20 ccm Ratinbouillonkultur verfüttert	10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 28. 11.	an Ratin
2		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12.	† am 11. 12.	
3		10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 27. 11.	
4		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12.	† am 15. 12.	
5		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12., 19. 12.	† am 23. 12.	
6		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12.	† am 14. 12.	
7		10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 29. 11.	
8		10. 11., 18. 11.	† am 22. 11.	
9		10. 11., 18. 11., 25. 11., 3. 12., 11. 12.	† am 13. 12.	
10		10. 11., 18. 11., 25. 11.	† am 28. 11.	

Anderseits wurden nun Ratten aus der Knochenmühle, bei welchen bakterizide Stoffe im Blute nachgewiesen werden konnten (Tabelle XIX), vier Wochen lang nur mit Semmel gefüttert. Von diesen fünf Tieren zeigten alle nach der Fütterung mit Semmel noch das Phänomen der Bakterizidie.

Tabelle XIX. Prüfung von Ratten aus der Knochenmühle, welche vier Wochen mit Semmel gefüttert sind, auf Bakteriolysine.

	Serum von Knochenmühlenratten. Aufschwemmung = 100000 fache Bouillonverdünnung einer Öse einer 18 Std. alten Ratinagarkultur	I	II	III	IV
1	$^1/_2$ ccm einer Ratinbouillonaufschwemmung $^1/_{100000}$ + $^1/_2$ ccm normales Kaninchenserum + 1 ccm Rattenserumverdünnung 1 : 10	9202	8558	7125	8648
2	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 20	8910	8494	7455	8494
3	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 50	**4520**	**4668**	**4048**	**4746**
4	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 100	**5202**	**4826**	**5048**	**5648**
5	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 200	9202	8746	7955	8842
6	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 500	**4804**	8558	**4448**	**4446**
7	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 1000	9504	**4821**	8648	8746
8	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 2000	9348	8826	8256	8842
9	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 5000	9504	8494	8648	8842
10	$^1/_2$ „ „ + $^1/_2$ „ „ + 1 „ „ 1 : 10000	9504	8746	8648	8842
I	$^1/_2$ „ „ + 1 $^1/_2$ „ Kochsalzlösung 0,8 % sofort Platten gegossen	2942	2846	2040	2504
II	$^1/_2$ „ „ + 1 $^1/_2$ „ „ 0,8 % nach 3 Std. Platte gegossen	9202	8826	8648	8746
III	$^1/_2$ „ „ + 1 $^1/_2$ „ normales Kaninchenserum $^1/_{10}$	9348	8746	8648	8842

Von diesen fünf Ratten (Tabelle XX), welche nunmehr mit Ratinbouillonkulturen gefüttert wurden, ging nach achtmaliger Fütterung keine ein.

In dem Futter (Fleischabfällen) aus der Knochenmühle konnte niemals ein Bakterium der Gärtnergruppe nachgewiesen werden.

Aus letzterem Befund dürfte sich wohl nicht der Schluß ziehen lassen, daß das Vorkommen von Bakterien dieser Gruppe in den Abfällen der Knochenmühle nicht von der Hand zu weisen ist, da doch nur ein verschwindend kleiner Bruchteil dieser Abfälle zur Untersuchung gelangte.

Tabelle XX. Ratten aus einer Knochenmühle, während vier Wochen mit Semmelstückchen gefüttert.

Versuchstier		Art der Kultur und Infektionsmodus	Tag der Infektion	Tag des eventuellen Todes	Bakteriologische Diagnose
Graue Ratte aus einer Knochenmühle	1	Semmelstückchen mit 20 ccm einer 24 Stunden alten Ratinbouillonkultur getränkt	5. 1., 13. 1., 21. 1., 29. 1., 6. 2., 15. 2., 23. 2., 1. 3.	leben	
	2				
	3				
	4				
	5				

Aus den angestellten Versuchen geht ohne Zweifel hervor, daß es gelingt, nur einen gewissen Prozentsatz grauer Ratten durch Fütterung mit dem Ratinbazillus zu vernichten — eine Tatsache, die nicht sehr förderlich wirkt für die praktische Anwendung des Ratinbazillus als Mittel zur Vertilgung der Ratten.

Es lag nun nahe den Versuch zu machen, durch Tierpassagen die Virulenz des Ratinbazillus zu erhöhen; zu diesem Zwecke wurde folgender Versuch angestellt (Tabelle XXI, Seite 165). Eine 24 Stunden alte Ratinbouillonkultur wurde an fünf graue Ratten verfüttert. Eine von diesen Ratten (III) ging nach fünfmaligem Füttern ein. Aus dieser Ratte wurde der Ratinbazillus in Reinkultur gezüchtet. Der Kadaver wurde an fünf graue Ratten verfüttert. Mit der aus Ratte III gewonnenen Ratinreinkultur wurden zwei graue Ratten subkutan mit einem cbm Bouillonaufschwemmung = 1 Öse geimpft. Von diesen Ratten ging eine nach 13 Tagen an Ratin ein. Es gelang nun durch mehrfache Tierpassagen die Virulenz so zu steigern, daß $^1/_{10000}$ Öse imstande war, graue Ratten nach 3 bis 4 Tagen sicher zu töten. Bei der sechsten Passage jedoch trat wieder eine Abschwächung der Virulenz ein, so daß $^1/_{100}$ Öse graue Ratten erst nach 5 bezw. 7 Tagen zu töten imstande war. Auch durch weitere Passagen konnte eine höhere Virulenz nicht erreicht werden (Tabelle XX). Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den von Skrodzki und Trautmann[1]) gemachten Beobachtungen bei den Untersuchungen über das von Dunbar gefundene Bakterium.

Analog den Untersuchungen von Trautmann wurden noch Versuche gemacht, durch Züchtung des Ratinbazillus in sterilen Rindfleischwürfeln und auf mit Taubenblut bestrichenen Agarplatten eine Virulenzsteigerung zu erzielen.

Tabelle XXII zeigt den Erfolg. Es gelang auch hier nicht eine gleichmäßig andauernde Virulenzsteigerung gegenüber grauen Ratten zu erzielen. Stets zeigte sich die Wirksamkeit des für zahme Ratten und weiße Mäuse hochvirulenten Ratinstammes gegenüber grauen Ratten unsicher und beschränkt.

Aus den angestellten Versuchen geht hervor, daß der Ratinbazillus in Form des Ratin und auch als Bouillonkultur für einen großen Prozentsatz von wilden Ratten pathogen ist. Ein nicht unerheblicher Teil = 50 % zeigt sich refraktär und zwar sind es immer die Ratten, bei welchen

[1]) Trautmann a. a. O.

Tabelle XXI. Ausgangskultur, völlig avirulent.

Gr. Ratte I gefüttert mit Bouillonkultur am 11. 12., 18. 12., 25. 12. und 31. 12.	Gr. Ratte II gefüttert mit Bouillonkultur.	Gr. Ratte III gefüttert † am 26. 12. 06.	Gr. Ratte IV gefüttert mit Bouillonkultur.	Gr. Ratte V gefüttert mit Bouillonkultur.

Gr. Ratte 6 subk. mit einer Öse Agarkultur.	Gr. Ratte 7 subkutan † am 3. 1. 07.	W. Maus I subk. mit einer Öse Agarkult. (von Ratte III), welche 2 Std. bei + 57° gehalten.	W. Maus II subk. mit einer Öse Agarkult. (Ratte III), welche 2 Std. bei + 57° gehalten.

Gr. Ratte 8 am 4. 1. 07 subk. mit 1 Öse Agarkult. (R. 7) geimpft † am 8. 1.	Gr. Ratte 9 subk. mit 1 Öse Agarkultur (Ratte 7) geimpft lebt.	Gr. Ratte 10 subk. mit $^1/_{100}$ Öse Agarkultur (Ratte 7) geimpft lebt.	Gr. Ratte 11 subk. $^1/_{100}$ Öse Agarkultur von Ratte 7 lebt.	W. Maus 3 subk. 1 Öse Agarkultur von R. 7. 2 Std. b. 57° erhitzt lebt.	W. Maus 4 subk. 1 Öse Agarkultur 2 Std. bei 57° erhitzt lebt.

Gr. Ratte 12 am 10. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 9 Tagen.	Gr. Ratte 13 am 10. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 7 Tagen.	Gr. Ratte 14 am 10. 1. $^1/_{1000}$ Öse subkutan lebt.	Gr. Ratte 15 am 10. 1. $^1/_{1000}$ Öse subkutan lebt.	Maus 5 subkutan 1 Öse Kultur von R. 8. 2 Std. b. 57° erhitzt	Maus 6 subkutan 1 Öse Kultur von R. 8. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 5 Tagen.

Gr. Ratte 16 am 19. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 6 Tagen.	Gr. Ratte 17 am 19. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 5 Tagen.	Gr. Ratte 18 am 19. 1. $^1/_{1000}$ Öse subkutan	Gr. Ratte 19 am 19. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 15 Tagen.	Maus 7 subkutan 1 Öse Kultur von R. 13. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 4 Tagen.	Maus 8 subkutan 1 Öse Kultur von R. 13. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 4 Tagen.

Gr. Ratte 20 am 26. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 5 Tagen.	Gr. Ratte 21 am 26. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 2 Tagen.	Gr. Ratte 22 am 26. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 8 Tagen.	Gr. Ratte 23 am 26. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 15 Tagen.	Maus 9 subkutan 1 Öse Kultur von R. 17. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 2 Tagen.	Maus 10 subkutan 1 Öse Kultur von R. 17. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 2 Tagen.

Gr. Ratte 24 am 30. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 44 Std.	Gr. Ratte 25 am 30. 1. $^1/_{100}$ Öse subkutan † nach 48 Std.	Gr. Ratte 26 am 30. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 3 Tagen.	Gr. Ratte 27 am 30. 1. $^1/_{10000}$ Öse subkutan † nach 4 Tagen.	Maus 11 subkutan 1 Öse Kultur von R. 21. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.	Maus 12 subkutan 1 Öse Kultur von R. 21. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.

Gr. Ratte 28 am 2. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 7. Tage.	Gr. Ratte 29 am 2. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 5. Tage.	Gr. Ratte 30 am 2. 2. $^1/_{1000}$ Öse subkutan lebt.	Gr. Ratte 31 am 2. 2. $^1/_{10000}$ Öse subk. † nach 20 Tagen nicht an Ratin.	Maus 13 subkutan 1 Öse Kultur von R. 25. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.	Maus 14 subkutan 1 Öse Kultur von R. 25. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.

Gr. Ratte 32 am 9. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 6. Tage.	Gr. Ratte 33 am 9. 2. $^1/_{100}$ Öse subkutan † am 7. Tage.	Gr. Ratte 34 am 9. 2. $^1/_{10000}$ Öse subkutan lebt.	Gr. Ratte 35 am 9. 2. $^1/_{10000}$ Öse subkutan lebt.	Maus 15 subkutan 1 Öse Kultur von R. 29. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.	Maus 16 subkutan 1 Öse Kultur von R. 29. 2 Std. b. 57° erhitzt † nach 24 Stunden.

Tabelle XXII. Ausgangskultur = eine Öse Agarkultur tötet graue Ratten in 8—9 Tagen.

Kultur 8 mal innerhalb 10 Tagen auf Taubenblutagar umgezüchtet.

Gr. Ratte 1 subkutan 1 Öse † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 2 subkutan 1 Öse † nach 5 Tagen.	Gr. Ratte 3 subkutan $^1/_{1000}$ Öse lebt.	Gr. Ratte 4 subkutan $^1/_{1000}$ Öse † 13 Tagen.

(von Ratte 1:)

Gr. Ratte 5 1 Öse subkutan von der aus Ratte 1 gezüchteten Kultur † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 6 1 Öse subkutan von Agarkultur aus Ratte I † nach 3 Tagen.	Gr. Ratte 7 Kadaver von Ratte 1 gefüttert † nach 5 Tagen.	Gr. Ratte 8 Kadaver von Ratte 2 gefüttert † nach 5 Tagen.	Gr. Ratte 9 $^1/_{1000}$ Öse Kultur von gr. Ratte 1 † nach 10 Tagen.	Gr. Ratte 10 $^1/_{1000}$ Öse Kultur von gr. Ratte 1 † nach 7 Tagen.

(von Ratte 6:)

Gr. Ratte 11 1 Öse subkutan von Ratte 6 † nach 3 Tagen.	Gr. Ratte 11 1 Öse subkutan von Ratte 6 † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 12 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 6 † nach 7 Tagen.	Gr. Ratte 13 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 7 † nach 8 Tagen.	Gr. Ratte 14 Kadaver von gr. Ratte 6 † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 15 Kadaver von gr. Ratte 5 † nach 4 Tagen.

(von Ratte 11 bzw. Ratte 14:)

Gr. Ratte 16 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 11 † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 17 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 11 † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 18 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 11 lebt.	Gr. Ratte 19 Kadaver von Ratte 14 lebt.	Gr. Ratte 20 Kadaver von Ratte 14 † nach 4 Tagen.	Gr. Ratte 21 Kadaver von Ratte 14 † nach 7 Tagen.

(von Ratte 17 bzw. Ratte 20:)

Gr. Ratte 22 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 17 † nach 6 Tagen.	Gr. Ratte 23 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 18 † nach 8 Tagen.	Gr. Ratte 24 $^1/_{10000}$ Öse subkutan von Ratte 18 lebt.	Gr. Ratte 25 Kadaver von Ratte 20 lebt.	Gr. Ratte 26 Kadaver von Ratte 20 † nach 5 Tagen.	Gr. Ratte 27 Kadaver von Ratte 20 † nach 8 Tagen.

Schutzstoffe im Blute nachgewiesen werden konnten, ohne daß gleichzeitig irgend ein Grund für die Entstehung derselben zu finden war.

Ohne Zweifel hat wohl die Nahrung, welche diese Tiere an den einzelnen Orten ihres Aufenthaltes zu sich nehmen, Einfluß auf diese anscheinende Immunität.

Ich möchte mich bezüglich der Entstehung letzterer der Ansicht Trautmanns anschließen, daß die große Resistenz bezw. Immunität vieler grauer Ratten gegen Bakterien der Gärtner-Gruppe — Ratinbazillus — auf eine in früherer Zeit bereits überstandene leichte Infektion mit gleichem oder verwandtem Krankheitserreger bezw. auf hierdurch gebildete Schutzstoffe zurückzuführen ist.

Für diese Annahme spricht wohl die im Laufe der Untersuchungen mehrfach bestätigte Tatsache, daß sämtliche graue Ratten, bei denen Bakteriolysine im Blute nachgewiesen werden konnten, der Infektion mit Ratin nicht erlagen, obwohl andere mit den gleichen Kulturen gefütterte prompt eingingen.

Obgleich in dem Futter (Fleischabfälle), welches aus der Knochenmühle bezogen wurde, keine Bakterien der Gärtner-Gruppe gefunden werden konnten, so darf es doch nicht ausgeschlossen werden, daß die Ratten Gelegenheit hatten, sich bei der Aufnahme desselben zu infizieren, umsomehr als in der Knochenmühle Teile von gefallenen und notgeschlachteten Tieren mit verarbeitet wurden.

Andererseits ist ja in den letzten Jahren durch Untersuchungen festgestellt worden, daß Bakterien, die nach ihrem biologischen Verhalten der Gruppe der Fleischvergifter zuzurechnen sind, sich nicht nur in menschlichen und tierischen Se- und Exkreten, Leichen usw. finden, sondern auch im Trinkwasser (Sternberg[1])) und Abwässern usw. gelegentlich vorkommen.

Wenn wir nun in Erwägung ziehen, daß sich die Ratten vorwiegend an Unratstellen, wie Abfallschächten, Tierställen, Kanälen, Abdeckereien usw. aufhalten, so erscheint es sehr wahrscheinlich, daß sie dort mit den oben genannten Bakterien der Gärtner-Gruppe in Berührung kommen und sich infizieren.

Was nun schließlich die praktische Verwendbarkeit des Ratins zur Rattenbekämpfung anlangt, so wird man auf Grund der angestellten Versuche den Schluß ziehen müssen, daß man in der Praxis wahrscheinlich nur einen mittelmäßigen Erfolg haben wird, da man eben mit der erworbenen Resistenz bezw. Immunität einer größeren Anzahl der wilden Ratten zu rechnen hat.

Dies haben auch die inzwischen von der Landwirtschaftskammer in Halle im großen in der Praxis angestellten Versuche bestätigt.

Wenn auch der Ratinbazillus nach den eingehenden Untersuchungen von A. Wladimiroff[2]) und A. Kamensky sowie auch nach unseren eigenen für größere Haustiere nicht pathogen ist, so muß man doch bei der Verwendung desselben in der Praxis zur Rattenvertilgung Vorsicht walten lassen, zumal das ganze biologische Verhalten auf die Zugehörigkeit zur Gruppe der Fleischvergifter (Gärtner-Gruppe) hinweist.

[1]) Sternberg, Zeitschrift für Hygiene Bd. 34, S. 349.

[2]) A. Wladimiroff und A. Kamensky, Versuche an Haustieren mit der Ratten tötenden Bakterie Neumanns (Ratin). Berliner tierärztl. Wochenschrift 1907, Nr. 2.

Aus der bakteriologischen Anstalt zu Straßburg i. E.

Über die Verbreitung der Typhusbazillen in den Lymphdrüsen bei Typhusleichen.

Von

Prof. **Dr. E. Levy** und **Dr. Walter Gaehtgens.**

Sanarelli[1]) sprach 1894 die Ansicht aus, daß der Typhus nicht als ein Prozeß mit intestinalem Ursprung und intestinaler Lokalisation zu betrachten sei, sondern daß bei ihm eine Infektion des lymphatischen Systems vorliege. Bäumler[2]) hat dann im Gegensatz zu den neueren Anschauungen, daß der Abdominaltyphus in seinem Beginn zunächst eine septische Allgemeininfektion darstelle, die Tatsache betont, daß man bei den Typhusautopsien nicht die Lymphdrüsen im ganzen Körper verändert findet, sondern nur die den ergriffenen Darmpartien zugehörigen. M. B. Schmidt[3]) hat sich der wichtigen Aufgabe unterzogen, die äußeren Lymphdrüsen, welche nicht in regionärer Abhängigkeit vom Darme stehen, auf anatomische Veränderungen und Bakteriengehalt zu untersuchen. Wie er betont, darf man in der Vergrößerung der Lymphdrüsen, wenn dieselbe nicht von einer Abweichung im histologischen Bau begleitet ist, kein Zeichen für eine typhöse Erkrankung sehen. Als Kriterium der typhösen Neubildung in den lymphatischen Organen sieht M. B. Schmidt großzellige Hyperplasie mit Phagocytose, Verminderung der Lymphocyten an. Solche Veränderungen in den peripheren Lymphdrüsen traf er bei 13 Typhusautopsien nur zweimal an. Hierbei waren die Drüsen nicht vergrößert und nur in mäßigem Grade hyperämisch. In dem einen Falle handelte es sich um eine Mischinfektion. Die bakteriologische Untersuchung (in 10 Fällen mikroskopisch, in 3 kulturell) ergab zweimal auf den aus den Leistendrüsen angelegten Platten die Anwesenheit von Typhusbazillen.

---

[1]) Sanarelli, Études sur la fièvre typhoide expérimentale. Annales de l'Institut Pasteur Bd. 8.

[2]) Bäumler, Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte zu Meran 1905. Zweiter Teil. 2. Hälfte S. 51.

[3]) M. B. Schmidt, Über Typhus abdominalis. Zentralbl. f. allgem. Patholog. und pathologische Anatomie Bd. 18, 1907.

Seit Mai 1907 haben wir bei sämtlichen Typhusautopsien, die uns durch die liebenswürdige Freundlichkeit von Herrn Prof. Chiari zur Verfügung standen, die Verteilung der Typhusbazillen besonders in den Lymphdrüsen genau erforscht. Die Mesenterial-, Inguinal-, Axillar- und Cervicaldrüsen wurden in sterile Schalen gebracht. Aus ihrem Innern wurde jedes Mal mit sterilem scharfen Löffel möglichst die gleiche Menge Drüsensubstanz entnommen und in 5 ccm physiol. Kochsalzlösung verrieben. Von dieser Aufschwemmung kam 0,1 ccm auf eine Endoplatte und 0,5 auf eine Malachitgrünplatte. Über die Züchtungserfolge und außerdem über die übrigen bakteriologischen Verhältnisse gibt nachfolgende ausführliche Tabelle (Seite 170 und 171) Aufschluß.

Was die zunächst uns interessierende Frage anbetrifft, so ersehen wir aus der Tabelle, daß in den Mesenterialdrüsen die Typhusbazillen niemals vermißt werden, daß sie weiter in ihnen stets in viel größerer Menge nachzuweisen waren, wie in den übrigen Lymphdrüsen. Außerdem haben wir verzeichnet, daß die Mesenterialdrüsen stets makroskopisch bereits verändert waren, in 5 Fällen sich vergrößert und vereitert, in 1 Fall hart erwiesen. Es kann also gar keinem Zweifel unterliegen, daß im Lymphdrüsenapparat der Krankheitsprozeß sich hauptsächlich in den Mesenterialdrüsen abspielte. Diese Befunde sprechen entschieden zugunsten der Annahme, daß die primäre Lokalisation der Typhuserkrankung in den Darmpartien, welche diesen Mesenterialdrüsen angehören, zu suchen ist.

Aus den erstergriffenen Lymphapparaten verbreiten sich die Typhusbazillen auf dem Wege der Lymphbahnen und selbstverständlich auch auf demjenigen der Blutbahn weiter. Hieraus erklärt sich ohne weiteres, daß man beim Typhus verhältnismäßig früh die Erreger im zirkulierenden Blut, daß man sie fernerhin im ganzen Lymphapparat und in den Organen trifft. Man darf aber u. E. auf den Blutbefund hin beim Typhus nicht auf eine sepsisartige Erkrankung schließen. Es handelt sich bei ihm einfach um eine Bakteriämie. Dagegen wird, wie bekannt, gerade bei dieser Infektionskrankheit das gesamte Lymphsystem in starke Mitleidenschaft gezogen. Ist doch für sie die Leukopenie geradezu pathognomonisch. Bei den Coliinfektionen herrscht ein umgekehrtes Verhalten. E. Schlesinger[1]), der auf Veranlassung von E. Levy die Leucocytose bei experimentellen Infektionen untersuchte, fand beim Colikaninchen eine Hyperleukocytose und als charakteristisch gleich bei ihrem Beginn eine hervorragende Beteiligung der Lymphocyten. Blumenthal und Hamm verzeichnen in einer demnächst erscheinenden Arbeit bei schweren Coliinfektionen des Menschen eine Hyperleukocytose.

Die Lymphapparate des erkrankten Darmes stellen die wichtigste Ablagerungsstätte für die Typhusbazillen dar; sie speisen gewissermaßen das Blut. Bei günstigem Ausgang verschwinden die Mikroorganismen aus den zur Heilung sich anschickenden Drüsen. Infolgedessen findet man in den späteren Wochen der Erkrankung die Keime verhältnismäßig selten im Blute. Ganz anders liegen dagegen die Verhältnisse

---

[1]) E. Schlesinger, Die Leukocytose bei experimentellen Infektionen. Ztschr f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 35.

Name	Alter Jahre	Erkrankt	Untersuchungen während der Krankheit: Blut-Agglutination	Blut-Züchtung	Fäces	Urin	Gestorben
I. Frau B.	33	7. V. 07	28. V. 07: † Typhus 1 : 200	28. V. 07: † Typhus	27. V. 07: 0	27. V. 07: 0	30. V. 07
II. Johanna N.	17	7. VII. 07	17. VII. 07: † Typhus 1 : 50; † Paratyph. B I : 100	17. VII. 07: † Typhus	17. VII. 07: 0	17. VII. 07: 0	21. VII. 07
III. Eugenie W.	39	18. VII. 07	20. VII. 07: † Typhus 1 : 100	20. VII. 07: 0	22. VII. 07: 0	22. VII. 07: 0	23. VII. 07
IV. Barbara W.	16	30. VII. 07	2. VIII. 07: 0	2. VIII. 07: † Typhus	2. VIII. 07: 0	2. VIII. 07: 0	7. VIII. 07
V. Barbara W.	47	22. VII. 07	2. VIII. 07: † Typhus 1 : 50; † Paratyph. B 1 : 100	2. VIII. 07: † Typhus	2. VIII. 07: 0	2. VIII. 07: 0	16. VIII. 07
VI. Eduard D.	45	21. VII. 07	9. VIII. 07: † Typhus 1 : 200; † Paratyph. B 1 : 100	9. VIII. 07: † Typhus	8. VIII. 07: † Typhus	8. VIII. 07: 0	28. VIII. 07

in den schweren Formen. Bei ihnen ist man in der Lage, in der weitaus größten Anzahl der Fälle die Typhusbazillen aus dem Blute noch während des Lebens auch in den letzten Krankheitswochen zu züchten. In den schweren Fällen sind eben, wie die Typhusautopsien ergeben, die Mesenterialdrüsen ständig verändert und enthalten die Erreger. Diese Anschauung läßt sich schön aus den statistischen Daten beweisen, die W. Veil[1]) auf Grund des Materials der Medizinischen Klinik und der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt zu Straßburg aufgestellt hat. Bei mittelschweren Fällen fand man in der 1. Woche bei 21 Patienten die Bazillen 16 Mal im Blute (76 %); in der 2. Woche bei 68 Patienten 46 Mal (68%); in der 3. Woche bei 23 Patienten 9 Mal (40 %); in der 4 Woche bei 7 Patienten 0 Mal. Bei schweren Fällen züchtete man in der 1. Woche bei 7 Patienten 7 Mal (100 %); in der 2. Woche bei 19 Patienten 16 Mal (84 %); in der 3. Woche bei 13 Patienten 9 Mal (70%); in der 4. Woche bei 4 Patienten 4 Mal (100 %).

Auf Grund all der angeführten bakteriologischen und auch anatomischen Verhältnisse darf man wohl wieder sagen, daß abgesehen von den immerhin seltenen Fällen, in denen die Krankheit ohne jegliche Beteiligung des Darmes sich als Allgemeininfektion abspielt, der Abdomimaltyphus eine primäre Lokalisation im Lymphapparat des Darmes aufweist.

---

[1]) W. Veil, Weitere Beobachtungen über Untersuchung des Blutes auf Typhusbazillen und auf Agglutination. Deutsche Medizin. Wochenschr. 1907 No. 36.

Leichenuntersuchungen					
Fäces	Galle	Axillardrüsen	Cervicaldrüsen	Mesenterialdrüsen	Inguinaldrüsen
† Typhus	—	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr viel; vereitert	0
† Typhus	—	—	—	† Typhus mäßig viel; vereitert	0
0	—	0	0	† Typhus viel; vereitert	0
† Typhus	0	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr viel; vereitert	0
† Typhus	† Typhus	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr wenig	† Typhus sehr viel; vereitert	† Typhus sehr wenig
0	† Typhus	† Typhus wenig	† Typhus mäßig viel	† Typhus mäßig viel; hart	† Typhus mäßig viel

Untersuchungen über spezifische Agglomeration und Komplementbindung bei Trypanosomen und Spirochaeten.

Von

Dr. Manteufel,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Die Beobachtungen über die im Thema angedeuteten beiden Fragen sind im Anschluß an Untersuchungen über Rekurrensimmunität gemacht worden, die ich im Sommer 1907 auszuführen hatte. Als Material standen für den vorliegenden Zweck zwei Trypanosomen- und vier Spirochaetenstämme zur Verfügung, die im bakteriologischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamtes etwa seit Jahresfrist fortgezüchtet werden:

1. Rattentrypanosomen.
2. Dourinetrypanosomen.
3. Hühnerspirochaeten.
4. Zeckenfieberspirochaeten aus Ostafrika (Koch).
5. Spirochaeten der russischen Rekurrens (Obermeier).
6. Spirochaeten aus einem amerikanischen Rekurrensfall (Novy).

Das Agglomerationsphänomen der Trypanosomen ist zuerst von Laveran und Mesnil[1]) im Jahre 1900 bei Rattentrypanosomen genauer beschrieben worden. Seitdem findet sich die interessante Erscheinung in einer Reihe der einschlägigen Arbeiten erwähnt und zum Teil auch eingehender gewürdigt (Laveran et Mesnil[2]), Francis[3]), v. Prowazek[4]), Jürgens[5]) u. a.).

Laveran und Mesnil fanden Agglomerationsformen zuerst in trypanosomenhaltigem Rattenblut, das bei Eisschranktemperatur aufbewahrt worden war. Später konnten sie die gleiche Erscheinung auch willkürlich hervorrufen durch Zusatz normalen Serums von Hund, Kaninchen, Schaf, Pferd und Huhn zu Trypanosomenblut und schließlich konstatieren, daß auch das Serum von Ratten, die eine Infektion mit Rattentrypanosomen überstanden hatten und gegen eine weitere Impfung immun waren,

---

[1]) Comptes rend. de la société de biologie 1900. Séance du 6 Octobre.

[2]) Comptes rend. de la société de biologie 1900. Annales Pasteur 1901, Trypanosomes et Trypanosomiases, Paris 1904.

[3]) Zit. nach Laveran und Mesnil.

[4]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1905.

[5]) Arch. f. Hygiene Bd. 42, 1902.

agglomerierende Fähigkeiten gewonnen hatte[1]). Von anderen Autoren sind nachher auch in der Blutagarkultur der Trypanosomen Agglomerationsformen beschrieben worden, indes erscheint es doch zweifelhaft, ob es sich hier überhaupt um eine Vereinigung vorher frei beweglicher Einzelindividuen zu Häufchen, d. h. um Agglomeration handelt. Nocht und Mayer[2]) geben jedenfalls an, daß sie in Kulturen nur solche Häufchen gesehen haben, deren Trypanosomen das die Geißel tragende Ende, das hier auf derselben Seite wie der Blepharoplast liegt (bei den Trypanosomen des kreisenden Blutes liegt der Blepharoplast auf der dem Geißelende entgegengesetzten Seite), zentralwärts gerichtet hielten, während bei der eigentlichen Agglomeration das Geißelende peripheriewärts und der Blepharoplast zentralwärts liegt. v. Prowazek[3]) hat solche Unterschiede in seinen Kulturen allerdings nicht beobachtet. Novy und Mc. Neal[4]) halten die Trypanosomen-Rosetten im Kondenswasser ihrer Blutagar-Kulturen nicht für Agglomerationsformen, sondern für Entwicklungsstadien.

Im folgenden soll nur von der „spezifischen" Agglomeration, die das Rattenserum in der Folge einer überstandenen Infektion erzeugt, die Rede sein, spezifisch insofern, als man sie wie die Agglutination von Bakterien durch das bezügliche Immunserum als eine Immunitätsreaktion aufzufassen berechtigt ist.

Obgleich ich der Beschreibung des Agglomerationsphänomens durch Laveran und Mesnil[5]), Jürgens[6]) und v. Prowazek[7]) nur wenig Neues hinzuzufügen habe, halte ich es doch zum Verständnis der folgenden Ausführungen für notwendig, diejenigen Punkte, die mir dabei als charakteristisch erscheinen, noch einmal hervorzuheben.

Benutzt man zur Anstellung der Reaktion ein Rattentrypanosomen-Immunserum, das nach 3—4maliger Vorbehandlung der Ratte gewonnen ist, und andererseits Zitratblut, das zahlreiche gut bewegliche Trypanosomen enthält, indem man beides in einem kleinen Reagensröhrchen mischt, so kann man bei der Betrachtung im Mikroskop ziemlich regelmäßig eine eigenartige Häufchenbildung beobachten, die nach etwa $^1/_4$ Stunde ihren Höhepunkt erreicht.

Ich habe mich des öfteren davon überzeugen können, daß Sera, die nach einmaligem Überstehen der Infektion von weißen Ratten gewonnen waren, keine oder nur eine angedeutete Agglomerationsreaktion gaben, und daß ebenso sonst gut agglomerierende Sera die Reaktion vermissen ließen, wenn man Blut verwendete, das nur geringe Mengen von Trypanosomen enthielt. Vielleicht können diese beiden Beobachtungen die sonst auffällige Tatsache erklären, daß Rabinowitsch und Kempner[8]), die eine ganze Anzahl von Immunseren der Rattentrypanosomiasis untersucht haben, keine „agglutinierende" Wirkung feststellen konnten.

---

[1]) Comptes rendus soc. biol. 1900. Séance du 10 Novembre.
[2]) Kolle-Wassermanns Handb. d. patholog. Mikr. Ergänzungsband I.
[3]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1905.
[4]) Journ. of infect diseases 1907.
[5]) a. a. O.
[6]) Archiv f. Hygiene 1902.
[7]) a. a. O.
[8]) Zeitschrift f Hygiene Bd. 36.

Bei sofortiger mikroskopischer Betrachtung nach dem Zusatz des Immunserums bemerkt man, daß die vorher planlos umherpeitschenden Trypanosomen plötzlich, wie von einem magnetischen Zentrum angezogen, auf einem Punkt des Gesichtsfeldes zusammenströmen, dort eine Weile durcheinander fahren, sich teilweise wieder von dem Zentrum etwas entfernen, um sogleich dahin zurückzukehren, und schließlich unter fortwährendem Hinzuströmen neuer Individuen mit ihren geißellosen Enden so aneinander haften bleiben, daß sie eine Rosette bilden, die bei der lebhaften Bewegung der einzelnen Tierchen in toto hin- und herbewegt wird. Im gefärbten Präparat sieht man in diesem Falle die peripher gelegenen Geißeln, nach dem Zentrum zu die Blepharoplaste und kann auch die an der Peripherie im Bogen ab- und zuströmenden noch freien Trypanosomen erkennen. Handelt es sich um ein gut agglomerierendes Serum, dann werden aus den anfänglichen Rosetten allmählich größere Haufen, die mehr Knäuelform annehmen.

Gelegentlich kann man bei diesen Häufchen im Färbepräparat nach Giemsa auch den von v. Prowazek beschriebenen „Schleimhauch" im Zentrum der Agglomerate beobachten. Ob man darin aber eine durch Präzipitatbildung entstandene Zwischensubstanz sehen darf, die mit der Häufchenbildung in Zusammenhang zu bringen ist, erscheint mir fraglich, da man im gleichen Präparat schöne, vollkommen ausgebildete Agglomerate zu sehen bekommt, wo sich von dem Schleimhauch nichts findet. Veränderung des Blepharoplasts in Gestalt von Aufteilung und Austritt der Blepharoplastsubstanz, wie sie ebenfalls v. Prowazek bei diesen Agglomeraten beschreibt, habe ich ebenfalls gesehen, indes möchte ich sie mehr mit der trypanoziden als mit der agglomerierenden Funktion des Immunserums in Verbindung bringen. Alles in allem ist mir eine konstante und deutliche Veränderung der agglomerierten Trypanosomen, die man als Ursache für das Zusammenhaften der Agglomerate ansprechen könnte, in Giemsapräparaten nicht aufgefallen.

Die agglomerierten Trypanosomen behalten ihre Bewegungsfähigkeit gewöhnlich sehr lange bei. Wenn man die Reagensröhrchen im Eisschrank verwahrt — bekanntlich können Trypanosomen unter dieser Bedingung wochenlang beweglich bleiben, und jedenfalls viel länger als bei Zimmertemperatur (Laveran und Mesnil[1])) — so kann man auch an den Rosetten unter Umständen mehrere Tage lang Bewegungsvermögen der Trypanosomen beobachten.

Eine Lähmung tritt allerdings doch schließlich eher ein als in Kontrollen, die mit normalem oder auch mit Rekurrens-Rattenserum angesetzt sind, und zwar um so eher, je hochwertiger das Serum ist. Man muß daraus schließen, daß dem Trypanosomen-Immunserum neben der agglomerierenden gleichzeitig auch eine paralysierende Fähigkeit zukommt. Diese letztere hat indes meiner Meinung nach mit der Agglomeration an sich nichts zu tun. Das geht aus folgenden Beobachtungen hervor. Prüft man ein minder kräftig agglomerierendes Serum oder ein gut agglomerierendes in Verdünnungen, die sich dem Grenzwert für die Agglomeration nähern, so kann man gelegentlich eine anfängliche Rosettenbildung in typischer Weise beobachten.

[1]) Comptes rendus 1900.

Nach kürzerer Zeit wird die Erscheinung aber undeutlicher, die Anzahl der Trypanosomen in einer Rosette vermindert sich oder die Häufchen lösen sich ganz auf, so daß man bei der Betrachtung eines hängenden Tropfens, der vorher Häufchenbildung gezeigt hat, nur einzelne, und zwar bewegliche Individuen finden kann: es hat eine Desagglomeration stattgefunden.

Das Agglomerationsphänomen hat sich also in diesem Falle ausgebildet und wieder zurückgebildet, ohne daß die Trypanosomen paralysiert worden sind. Diese Erscheinung ist von allen Forschern, die darauf geachtet haben, als auffallend betont worden. (Laveran und Mesnil, Jürgens.) Eine weitere Beobachtung spricht ebenfalls für die oben erwähnte Auffassung. Laveran und Mesnil berichten, daß sie Immunsera der Rattentrypanosomiasis in Händen gehabt haben mit stark paralysierender, und mangelnder agglomerierender Wirkung. Unter den von mir untersuchten Seren sind ebenfalls solche gewesen; es handelte sich dabei gewöhnlich um Sera, die nach 5—6 maliger Vorbehandlung gewonnen waren, also relativ hochwertig waren.

Aus meinen Beobachtungen habe ich vielmehr den bestimmten Eindruck gewonnen, daß die Agglomerationserscheinung nicht nur nicht unter Bewegungslähmung, sondern unter einer Stimulierung des lokomotorischen Apparates eintritt. Man gewinnt diesen Eindruck bereits, wenn man das Zustandekommen der Knäuel unter den gewöhnlichen Bedingungen beobachtet. Viel deutlicher noch tritt die Verstärkung der Beweglichkeit durch die Einwirkung des Immunserums zu Tage, wenn man Trypanosomenmaterial benutzt, das längere Zeit auf Eis aufbewahrt war oder bei Zimmertemperatur gestanden hat. Die sich träge bewegenden Trypanosomen erfahren dann durch den Zusatz von Immunserum einen ganz auffälligen Bewegungsantrieb, der besonders in den ersten Minuten das Bild beherrscht, um im weiteren Verlauf zu der bekannten Rosettengruppierung zu führen. So schöne Agglomerate wie bei der Benutzung ganz frischen Materials mit gut beweglichen Trypanosomen kommen unter dieser Bedingung allerdings nicht mehr zustande.

Man kann die spezifische Rosetten- bezw. Knäuelbildung der Trypanosomen auch gut beobachten, wenn man einer ein- bis zweimal vorbehandelten Ratte intraperitoneal Trypanosomenmaterial einverleibt und nach einigen Minuten das mittels Kapillare entnommene Bauchhöhlenexsudat mikroskopiert. Die Deutlichkeit der Erscheinung läßt dabei nichts zu wünschen übrig. Das Verhalten der Trypanosomen in der Bauchhöhle der immunen Ratte kann unter dieser Bedingung öfters mehrere Tage lang beobachtet und festgestellt werden, daß hier in den späteren Stadien regelmäßig Desagglomeration eintritt.

Als ein für die Theorie der Agglomeration besonders wichtiger Punkt erscheint mir die Frage, ob die Erscheinung auch beim Zusammenwirken von totem Trypanosomenmaterial und Immunserum erzielt werden kann. Laveran und Mesnil haben die Frage zwar in positivem Sinne beantwortet, indes machen sie die Einschränkung, daß „die Agglomeration nicht mehr den bekannten Charakter habe. Die Einzelindividuen sind dabei nämlich gänzlich ohne Ordnung gelagert“. Nach der

Beobachtung der beiden Autoren bilden die toten Trypanosomen keine Rosetten oder Knäuel, sondern mehr Netze mit mehr oder weniger engen Maschen, oder ziemlich dichtgefügte Haufen, in denen die einzelnen Elemente eine ganz regellose Anordnung zeigen. (Vergl. „Trypanosomes et Trypanosomiases" S. 81/82.)

Zur Abtötung der Trypanosomen wurden von den beiden Autoren in diesen Versuchen Chloroformdämpfe bezw. Formaldehydlösung benutzt. Nun hat die Einwirkung des Chloroforms nach den Angaben von Laveran und Mesnil eine baldige Deformierung und Granulabildung der abgetöteten Trypanosomen im Gefolge. Das kann ich bestätigen. Bei der Abtötung durch Formaldehydzusatz bleibt zwar die äußere Form der Trypanosomen besser erhalten, dagegen tritt eine sehr störende Verklumpung, ähnlich der Agglutination von Bakterien durch Chemikalien, ein. Aus diesen Gründen schien mir zur Entscheidung der Frage, ob abgetötete Trypanosomen agglomeriert werden, weder die Verwendung von Chloroform noch von Formaldehyd zweckmäßig zu sein. Ich habe darum Blut benutzt, in dem die Trypanosomen durch $^1/_2$—$^3/_4$ stündiges Erwärmen auf 45° immobilisiert waren. Dabei konnte ich die Beobachtung machen, daß vollständig unbewegliche Trypanosomen unter der Einwirkung von Immunserum, das lebende Trypanosomen kräftig agglomeriert, das oben beschriebene Phänomen nicht geben bezw. keine Beeinflussung erfahren, die man als spezifische Agglomeration ansprechen kann. Benutzt man für solche Versuche Blutproben, in denen einzelne Trypanosomen noch leidliche Bewegungen ausführen, so tritt unter dem Zusatz von Immunserum auch hier eine Stimulierung der Bewegungsfähigkeit ein, die zu einer geringen Rosettenbildung führt. Es sind aber, wie gesagt, nur die beweglichen Trypanosomen dieser Veränderung unterworfen, während die vollständig unbeweglich bleibenden isoliert neben den Rosetten liegen. Bei längerer Beobachtungsdauer sieht man dann wohl auch unregelmäßige netzartig gefügte Haufen auftreten, die aber in Kontrollen ohne Serumzusatz auch beobachtet werden können, also nichts Spezifisches darstellen und die charakteristische Rosettenbildung vermissen lassen.

Nach diesen Beobachtungen müßte man m. E. die spezifische Agglomeration als eine Erscheinung auffassen, die an die Vitalität und Bewegungsmöglichkeit der Trypanosomen gebunden ist, mit dem fortschreitenden Absterben dieser Lebewesen im Reagensglas eine zunehmende Einbuße erfährt und schließlich nicht mehr auftritt, wenn die Bewegungsmöglichkeit erloschen ist. Häufchen und Netze, die bei Benutzung von völlig abgestorbenem Material auftreten, sind spontane Verklumpungen, die mit dem spezifischen Agglomerationsphänomen nichts gemein haben oder auf Einwirkung der zur Abtötung benutzten Chemikalien beruhen.

Was nun die Agglomeration der Spirochäten durch spezifisches Serum anlangt, so hat Melkich[1]) das Phänomen bei Rekurrens-Spirochaeten im Jahre 1900 genauer studiert, ferner ist in der 1906 erschienenen Arbeit von Novy und Knapp[2]) der „Agglu-

[1]) Zit. nach Wladimiroff in Kolle-Wassermanns Handbuch Bd. IV.

[2]) Journ. of infect. diseases 1906.

tination" ein Kapitel gewidmet. Über Agglutination der Geflügelspirochaeten finden sich in den meisten Arbeiten, die sich mit der Immunität dieser Erkrankungen befassen, Beobachtungen; ich erwähne nur die Untersuchungen von Gabritschewsky über Gänsespirochäten[1]), von Levaditi über Hühnerspirochaeten[2]) und von Neufeld und v. Prowazek über die Immunitätserscheinungen bei derselben Krankheit[3]).

In einer früheren Mitteilung[4]) habe ich zu der Agglomerationserscheinung bei Rekurrens-Spirochaeten ebenfalls einen Beitrag geliefert und auf die Beziehungen dieser Erscheinung zur Agglomeration der Trypanosomen hingewiesen. Nachdem mir nun Beobachtungen mit dem Immunserum der Hühnerspirochaeten den Beweis geliefert haben, daß sich die spezifische Agglomeration hier unter dem gleichen Bilde abspielt wie bei den Spirochaeten des Rückfallfiebers, habe ich an dieser Stelle noch einmal diejenigen Merkzeichen zusammenzufassen, die mir eine prinzipielle Anologie der Spirochaeten- und Trypanosomenagglomeration zu beweisen scheinen.

Eine auffällige Ähnlichkeit der beiden Erscheinungen wird man sogleich gewahr, wenn man Gelegenheit hat, im Mikroskop zu beobachten, wie unter dem Einfluß von Immunserum der Hühnerspirochaetose bezw. der Rekurrens (man verwendet auch hier am besten immer homologes Material, z. B. Rekurrensimmunserum von Ratten und spirochaetenhaltiges Rattenblut, um Blutkörperchenagglutination zu umgehen) die planlos durcheinander fahrenden Spirochaeten plötzlich zielbewußt auf einzelne Attraktionszentren zusteuern, sich dort sammeln und unter Verklebung ihres einen Endes Sterne bilden, die mit den Rosetten der Trypanosomenagglomeration alle Eigentümlichkeiten gemeinsam haben. Dazu rechne ich vor allem die unbeeinträchtigte Beweglichkeit der agglomerierten Lebewesen, die sowohl der Spirochaeten- als auch der Trypanosomenagglomeration ein so charakteristisches Gepräge gibt. Eine weitere Analogie besteht in diesem Falle ferner in der weitgehenden Desagglomeration, die unter Umständen eine völlige Wiederauflösung der anfänglich gebildeten Sterne in einzelne freie und bewegliche Spirochaeten zustande kommen läßt. Man kann also auch hier die Beobachtung machen, daß die Agglomeration nicht mit Bewegungslähmung verbunden ist. Vielmehr tritt auch hier die Reaktion unter energischem Bewegungsantrieb ein, was man besonders auffällig dann beobachten kann, wenn das Spirochaetenmaterial durch längeres Verweilen bei Zimmertemperatur eine Beeinträchtigung der Beweglichkeit erfahren hat.

Handelt es sich um stark agglomerierende Sera, dann sieht man bei Verwendung konzentrierter Serumproben weniger sternförmige Agglomerate, sondern mehr große kreisrunde Haufen mit randständigen radial gerichteten Ausläufern, für die Wladimiroff den Vergleich mit „ausgezupften Filzstückchen" angewendet hat. Diese Gebilde würden also mit den großen Knäueln in Parallele zu setzen sein, die man bei Trypanosomen unter der Einwirkung stark agglomerierender Sera auftreten sieht. Ebenso wie diese Knäuel aus anfänglichen Rosetten entstanden sind, sind auch

[1]) Zentralbl. f. Bakt. 1898. Bd. 23.
[2]) Annales Pasteur 1904. Bd. 18.
[3]) Diese Arb. Bd. 25 1907.
[4]) Diese Arb. Bd. 27 1907.

bei den Spirochaeten die kreisrunden Häufchen aus anfänglichen Sternen hervorgegangen. Im Färbepräparat kommt die konzentrische Anordnung dabei nicht mehr in Strahlenform zum Ausdruck, sondern in der kreisrunden Konfiguration der Häufchen. Diese regelmäßige Gruppierung unterscheidet denn auch die spezifischen Agglomerate von der spontanen Zusammenlagerung, die man bei Spirochaeten ebenso wie bei Trypanosomen in länger aufbewahrtem Blut beobachten kann, indem letztere gewöhnlich eine unregelmäßige Form annehmen mit mehr oder weniger netzartigem Gefüge.

Als weiteres gemeinsames Charakteristikum der Spirochaeten- und Trypanosomenagglomeration erwähne ich den Umstand, daß man ebenso, wie ich es oben bei den Trypanosomen angegeben habe, auch hier typische Agglomerate erzielen kann, wenn man immunen Ratten Rekurrensspirochaeten intraperitoneal injiziert und das Exsudat untersucht. Es ist dabei indes nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob die Häufchen erst bei der Anfertigung der mikroskopischen Präparate gebildet werden oder bereits „in vivo", wie Novy und Knapp[1]) daraus schließen.

Wenn man von den oben erwähnten netzartigen Formen der Zusammenlagerung absieht, wie sie im aufbewahrten spirochaetenhaltigen Blut spontan auftreten und auch dann erscheinen, wenn man frisches Spirochaetenblut behufs Abtötung mit Formaldehydlösung versetzt, so muß man auch hier feststellen, daß abgestorbenes oder abgetötetes Material eine typische Agglomerationsreaktion nicht gibt. Die Erscheinung ist ebenso, wie ich es für Trypanosomen oben ausgeführt habe, streng an die vitale Bewegungsfähigkeit gebunden.

Damit ergeben sich meiner Meinung nach ganz auffällig nahe Beziehungen zwischen der Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten, die um so interessanter sind, als sie von dem Bilde der Verklumpung beweglicher bakterieller Lebewesen durch Immunserum in manchen Punkten abweichen und dem Begriff Agglutination in seiner jetzigen Fassung nicht gerecht werden, wie ich im folgenden ausführen werde.

Laveran und Mesnil gebrauchen die Ausdrücke Agglomeration und Agglutination der Trypanosomen synonym. Gleichwohl weisen sie darauf hin, daß die Agglutination ohne Bewegungslähmung eine Ausnahme von der Regel ist. Sie schließen aus diesem Verhalten, daß bei gewissen Seris die agglutinierenden und paralysierenden Stoffe verschieden sein müssen. „Die Geschichte der Trypanosomenagglomeratien", sagen sie weiter, „bildet ein sehr interessantes Kapitel in der Frage der Agglutination überhaupt." (Comptes rendus 1900 S. 942.)

Jürgens äußert sich auf S. 285 seiner Arbeit[2]) folgendermaßen: „Worauf übrigens diese Knäuelbildung der Trypanosomen — nämlich durch Einwirkung von Immunserum — beruht, ist noch völlig dunkel. Es mag ja nahe liegen, an eine Ähnlichkeit mit der Agglutination der Bakterien zu denken, aber einen tatsächlichen Anhalt für die Verwandtschaft dieser beiden Vorgänge haben wir bisher nicht."

[1]) Journal of infect. diseases 1906.

[2]) Archiv f. Hygiene 1902. Bd. 42.

v. Prowazek, der in Kapillarröhrchen beim Studium der Rattentrypanosomen spontane Agglomeration gesehen hat, glaubt ebenfalls, daß die Identität beider Vorgänge — Protozoenagglomeration und Bakterienagglutination — nicht über alle Zweifel sicher festgestellt ist, und hält es darum für zweckmäßiger, das Phänomen bei den Trypanosomen nicht als Agglutination, sondern als Agglomeration zu bezeichnen.

Was die Spirochaeten anlangt, so hat Gabritschewsky[1]) die bei der Gänsespirochaetose gegen das Ende der Infektion hin im Blut auftretenden Häufchen als Agglutination angesprochen, ebenso hält Melkich[2]) sowie Novy und Knapp[3]) die im Reagensglas unter dem Einfluß des Rekurrens-Immunserums auftretende Häufchenbildung für Agglutination. Desgleichen hat man dieselben Erscheinungen bei Hühnerspirochaeten unter den Begriff Agglutination gebracht.

In einer früheren Arbeit[4]) habe ich bereits Bedenken gegen diese Auffassung geltend gemacht.

Unter Agglutination versteht man eine „Verklumpung von frei in einer Flüssigkeit suspendierten Bakterien und eine Immobilisierung derselben, sofern sie vorher beweglich waren“[5]). Das Zustandekommen einer spezifischen Agglutination erklärt man sich durch den Eintritt einer physikalisch-chemischen Zustandsänderung der betr. Bakterien, die in der Entstehung einer Verbindung zwischen agglutinierender Substanz des Serums und der agglutinablen Substanz der Bakterien bei Anwesenheit von Kochsalz ihren Grund hat. Beim Zustandekommen der Verklumpung spielen die Bakterien also, auch wenn es sich um solche mit Eigenbewegung handelt, eine im wesentlichen passive Rolle, indem sie nach dem Eintritt der Verbindung Agglutinin-Kochsalz = Agglutinogen immobilisiert und ausgefällt werden. Das geht auch daraus hervor, daß von Natur aus unbewegliche Bakterien typisch agglutiniert werden.

Damit ergeben sich gegenüber dem Phänomen der Trypanosomen- und Spirochaetenagglomeration einige Differenzen. Hier erfahren nämlich die Mikroorganismen durch das Immunserum zunächst eine erhöhte Beweglichkeit, unter der sie sich an einzelnen Zentren zusammenscharen und dort Sterne und Knäuel bilden. Ist dieser Bewegungsantrieb nur ein schwacher, wie z. B. bei Benutzung von wenig wirksamen Immunseren, dann kommt es nur zu einer vorübergehenden Häufchenbildung, und es tritt später eine Desagglomeration ein. Aus diesem Grunde verläuft die Häufchenbildung bei Trypanosomen und Spirochaeten in der Nähe der Grenzwerte eines agglomerierenden Serums ganz anders als die Agglutination. Während im letzteren Falle unter Umständen eine geraume Zeit vergeht, bis es zur Verklumpung der Bakterien kommt und eine Desagglutination in auffälligem Grade nicht in die Erscheinung tritt, finden wir bei der Agglomeration das Gegenteil, nämlich eine anfängliche sofort einsetzende Sternbildung, die nach kurzer Zeit eine völlige Rückbildung erfährt.

Mit dieser Auffassung von der aktiven Beteiligung der Trypanosomen und

---

[1]) Zentralbl. f. Bakt. 1898. Bd. 23.
[2]) Vergl. nach Wladimiroff in „Kolle-Wassermann“, Handb. d. path. Mikr. Bd. IV.
[3]) Journ. of infect. diseases 1906.
[4]) Diese Arb. Bd. 27. H. 2.
[5]) Paltauf in „Kolle-Wassermann“, Handbuch d. path. Mikr. Bd. IV, S. 649.

Spirochaeten an der Bildung der Agglomerate stimmt auch ein weiterer Punkt überein, der diese Erscheinung von der Agglutination unterscheidet, nämlich die Unmöglichkeit das Phänomen mit totem Trypanosomen- bezw. Spirochaetenmaterial zu erzielen. Bekanntlich leidet die Agglutinabilität der Bakterien durch Abtötung mittels Formaldehydlösung, Chloroform oder Erhitzen auf 60° gewöhnlich nicht. Dagegen läßt die Knäuelbildung bei Trypanosomen und Spirochaeten bereits ganz erheblich zu wünschen übrig, wenn man schlecht bewegliches Material benutzt, und bleibt ganz aus, wenn die Bewegungsfähigkeit erloschen ist. Die Erscheinung ist also zum Unterschied von der Agglutination ein an die Bewegungsmöglichkeit gebundener Vorgang.

Ferner sehe ich einen Unterschied der beiden in Frage stehenden biologischen Reaktionen darin, daß die Immobilisierung beweglicher Bakterien zu dem Begriff Agglutination (vgl. Paltauf im Handb. v. Kolle-Wassermann) gehört, während die Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten nicht mit Bewegungslähmung verbunden ist. Zwar kann man auch im Verlauf der Agglomerationsprüfung bei Verwendung hochwertiger Seren eine Immobilisierung beobachten, indes hat sie mit dem Phänomen an sich nichts zu schaffen, ist vielmehr eine Funktion des parasiticiden Immunkörpers, der sich neben der agglomerierenden Substanz im Immunserum findet. Es geht das einmal aus der von Laveran und Mesnil zuerst mitgeteilten Beobachtung hervor, daß sie hochwertige Immunsera der Rattentrypanosomiasis untersucht hätten, die wohl kräftige paralysierende, aber keine agglomerierende Wirkung gehabt hätten. Diese Beobachtung kann ich bestätigen.

Man könnte hier einwenden, daß es auch bakterielle Immunsera gibt, die gelegentlich Agglutination vermissen lassen und nur paralysierend wirken. Namentlich bei Anstellung der Gruber-Widalschen Reaktion mit Typhusbazillen hat man öfter Gelegenheit solche Sera zu finden. Es kann z. B. vorkommen, daß das Serum eines typhusverdächtigen Menschen in der Verdünnung $^1/_{50}$ Typhusbazillen agglutiniert, während der hängende Tropfen in der Verdünnung $^1/_{100}$ nur immobilisierte, aber keine agglutinierten Bakterien zeigt. Hier handelt es sich also gewöhnlich um schwach wirksame oder um derartige Verdünnungen agglutinierenden Immunsera, die in der Nähe des Grenzwertes für die Agglutination liegen. Die Paralysierung ist hier als Ausdruck einer unvollkommenen Agglutination aufzufassen. So liegen die Verhältnisse bei den betr. Trypanosomen-Immunseren aber nicht, denn hier handelt es sich im Gegenteil immer um hochwertige Sera oder prägnanter um solche, die nach öfterer Vorbehandlung von Ratten gewonnen worden sind. Ich habe wiederholt die Beobachtung gemacht, daß Sera von Ratten, die nach 1—2 maliger Vorbehandlung leidlich agglomerierten, diese Wirkung einbüßten, wenn man die Tiere weiter behandelte; alsdann trat die vorher nur schwache paralysierende Fähigkeit des Serums in den Vordergrund. Die Paralysierung ohne Verklumpung ist also hier nicht ein Zeichen schwacher unvollkommener Agglomeration, denn die Fähigkeit ist vorher bereits in stärkerem Grade vorhanden gewesen.

Noch ein zweiter Unterschied kommt hier in Betracht. Die paralysierende Fähigkeit der Spirochaeten bezw. Trypanosomen-Immunsera ist von der Gegenwart

eines Komplements abhängig. Neufeld und v. Prowazek[1]) haben das für das Immunserum der Hühnerspirochätose bewiesen, indem sie das Komplement durch ein Antikomplement absättigten. Dasselbe Verhalten konnte ich am Immunserum der Rattentrypanosomiasis und der Rekurrens feststellen. Bringt man ein derartiges inaktiviertes Immunserum mit infiziertem Blutplasma zusammen, das vorher mit Rattenantiserum (Huhn) gemischt und im Eisschrank stehen gelassen war, so bleiben die Trypanosomen und Spirochaeten ebensolange beweglich wie in den Kontrollen. Dagegen ist die Agglomerationserscheinung von der Gegenwart eines Komplements nicht abhängig, sondern tritt auch ohne ein solches auf. Bekanntlich verhält sich die Sache bei der Immobilisierung, wie man sie mit dem Agglutinationsphänomen vergesellschaftet findet, anders. Hier ist die paralysierende Fähigkeit des Serums unabhängig von der Komplementgegenwart und tritt auch bei der Verwendung inaktivierten Immunserums ein. Die Immobilisierung gehört also zum Begriff Agglutination (vergl. Paltauf) und ist bei den bekannten bakteriellen Immunseren unabhängig von der Mitwirkung eines Komplements, während sie mit der Agglomerationserscheinung bei Spirochaeten und Trypanosomen nichts zu tun hat, sondern hier eine komplexe Wirkung des Immunserums darstellt und die Gegenwart vom Komplement erfordert.

Ein auffälliges Verhalten der Trypanosomen und Spirochaeten bezüglich der Agglomeration finde ich auch darin, daß man bei der Einverleibung von infiziertem Blut in die Bauchhöhle immuner Tiere ganz typische Agglomerate zu sehen bekommt, wenn man bald danach mittels Kapillare Blut aus der Bauchhöhle entnimmt. Bei den bekannten Bakterien ist Agglutination unter diesen Bedingungen bisher wohl nicht beschrieben worden.

Schließlich muß ich noch hinzufügen, daß ich bei der Mischung von Immunseren und Extrakten aus Trypanosomen- und Spirochaetenmaterial, wie sie für die im folgenden zu besprechenden Komplementbindungsversuche benutzt wurden, in zahlreichen Versuchen niemals Präcipitatbildung beobachten konnte, obgleich diesen Extrakten Antigeneigenschaften zukommen insofern, als man damit bis zu einem gewissen Grade immunisieren kann. Man vermißt hier also den zwischen Agglutination und Präzipitation festgestellten kausalen Zusammenhang. Die letztere Feststellung scheint mir auch im Hinblick auf die Mitteilung von Fornet und Schereschewsky (Münch. med. Wochschr. 1907) interessant, die im Blutserum von Luetikern Präzipitogene gefunden haben wollen, die mit den Seren abgelaufener Syphilisfälle Präzipitate geben. Auch Mayer (zit. nach Nocht und Mayer im Handb. v. Kolle-Wassermann Ergänzb. I) hat bekanntlich bei Nagana spezifische Präzipitate beobachtet.

Im Hinblick auf die Tatsache, daß die Spirochaeten und Trypanosomen durch längeres Verweilen außerhalb des Tierkörpers an Agglomerabilität verlieren, und daß sie, durch Erwärmung abgetötet, überhaupt nicht mehr in typischer Weise agglomeriert

[1]) Diese Arb. 1907.

werden, war es weiter von Interesse zu prüfen, ob man mit abgetötetem Material spezifisch agglomerierende Sera gewinnen kann. Zu diesem Zweck wurden Ratten mit Rekurrensblut behandelt, in dem die Spirochaeten infolge ca. 14tägigen Verweilens im Eiskasten abgestorben waren, ferner mit Material, das bei 37° (4—6 Stdn.) und bei 50° (1 Stde.) abgetötet worden war. Die Sera dieser Ratten ließen gewöhnlich spezifische Agglomeration erkennen. Dagegen haben Ratten, die mit auf 60° (1 Stde.) erhitztem Rekurrensblut in der gleichen Menge behandelt worden waren, keine agglomerierenden Sera geliefert.

Bekanntlich liegen auch in dieser Beziehung die Verhältnisse bei der Agglutination der Bakterien anders, indem man in vielen Fällen gerade mit bei 60° abgetöteten Bakterien gut agglutinierende Sera gewinnt. Will man also die bei der Agglutination übliche Vorstellungsweise auch auf die Agglomeration der Spirochaeten übertragen, so muß man danach annehmen, daß nicht nur die funktionelle Gruppe der agglomerablen Substanz, wie wir oben gesehen haben, sondern auch die haptophore Gruppe viel labiler ist als bei der agglutinablen Substanz der Bakterien. Weitere Untersuchungen müßten allerdings erst den Beweis erbringen, ob eine derartige Vorstellung des Mechanismus der Agglomeration überhaupt gerechtfertigt ist.

Erwähnt mag noch sein, daß ich durch intravenöse Vorbehandlung eines Huhnes mit im ganzen 12 ccm Hühnerspirochaeten-Immunserum keinen die Agglomeration hemmenden Antikörper erhalten habe. Dabei könnte daran erinnert werden, daß auch die Darstellung eines Antiagglutinins bisher nicht gelungen ist.

Für das Verständnis des eigentlichen Wesens der Agglomerationsreaktion ist mit allen diesen Feststellungen allerdings nur soviel gewonnen, daß gewisse nahe Beziehungen zu der Agglutination aufgedeckt werden. Auch anderweitige Analogien, auf die hier nicht weiter eingegangen ist, lassen vermuten, daß die Agglomerationsreaktion dem gleichen physikalischen Prinzip ihre Entstehung verdankt. Indes lassen es die hier besprochenen Unterschiede m. E. doch als gerechtfertigt erscheinen, im Interesse einer weiteren Klärung der Erkenntnis die in Frage stehende Erscheinung bei Trypanosomen und Spirochaeten nicht mit der bekannten Agglutination zu identifizieren. Nach dem Vorschlage von Prowazeks habe ich hier daher immer von Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten gesprochen, ein Ausdruck, mit dem man eine so prägnante Vorstellung, wie sie dem Begriff Agglutination zukommt, nicht verbindet.

Bei Lebewesen von zweifelloser bakterieller Natur ist eine Agglutinationsreaktion mit den Eigentümlichkeiten der hier geschilderten Trypanosomen- bezw. Spirochaetenagglomeration meines Wissens nicht bekannt. Dagegen halte ich es für sehr interessant, an Beobachtungen zu erinnern, die Ledoux-Lebard im Jahre 1902 in den Annales de l'institut Pasteur mitgeteilt hat. Die betr. Arbeit, im Laboratorium von Roux angefertigt, beschäftigt sich mit dem Einfluß verschiedener Sera auf Paramaecien (Paramaecium caudatum), Infusorien mit lebhafter Eigenbewegung. Der Autor hat dabei unter dem Einfluß von verdünntem Meerschweinchenserum Sternbildung der

vorher frei beweglichen Infusorien beobachtet, die er mit der Trypanosomenagglutination in Parallele setzt. Ohne auf die Einzelheiten dieser sehr interessanten Arbeit einzugehen, möchte ich nur feststellen, daß es sich hier ebenfalls um eine Agglutination ohne Immobilisierung und mit öfters nachfolgender Wiederauflösung in bewegliche Einzelformen handelt.

Auch eine Arbeit von Rößle [1]) muß in diesem Zusammenhang Erwähnung finden. Rößle hat versucht, durch Behandlung von Kaninchen und Meerschweinchen mit Infusorien (Paramaecium caudatum und Glaucoma scintillans) spezifische Sera zu gewinnen. Dabei beschreibt er als spezifische Wirkung dieser Immunsera auch eine Agglutination. Unter dem Begriff Agglutination ist aber nur ein Klebrigwerden der Oberfläche gemeint, wodurch die Infusorien Neigung bekommen, an den Wänden des Reagenzglases, an Fremdkörperchen und sonstigen festen Bestandteilen haften zu bleiben. Auch hier ist die Beweglichkeit nicht aufgehoben, da die Infusorien lebhafte Anstrengungen machen, loszukommen. Die von Ledoux-Lebard beschriebene strahlenförmige Gruppierung scheint der Verfasser nicht beobachtet zu haben. Dagegen beschreibt er als Immunserumwirkung noch eine anfängliche Stimulierung des ganzen lokomotorischen Apparates, die mehrere Minuten lang andauern kann und die Infusorien zunächst zu ganz vehementen Bewegungen antreibt, die einer allmählichen Lähmung Platz machen. Auch Rößle bringt die Agglutinationserscheinungen seiner Immunsera zu der Trypanosomenagglutination in Beziehung, ohne es m. E. hinreichend zu begründen. Indes scheinen auch mir, namentlich auf Grund der Beobachtungen von Ledoux-Lebard, bei der Sternbildung der Paramaecien die gleichen Verhältnisse vorzuliegen, wie sie bei der Agglomeration der Trypanosomen und Spirochaeten ins Auge fallen. Diese Analogie dürfte um so interessanter sein, als man, wie oben erwähnt, bei Mikroorganismen von zweifelloser bakterieller Natur ein entsprechendes Phänomen nicht beobachtet hat.

Auch das, was Zabolotny und Maslakowetz [2]) jüngst als Agglutination bei der Spirochaeta pallida durch Serum von Personen, die längere Zeit an Syphilis gelitten haben, beschrieben, erinnert die beiden Verfasser an die Trypanosomenagglomeration und scheint mir mit den Erscheinungen, die ein agglomerierendes und parasitizides Rekurrensspirochaetenserum gegenüber diesen Lebewesen hervorbringt, gut übereinzustimmen.

Über die Protozoennatur der Trypanosomen und Paramaecien herrscht eine Meinungsverschiedenheit nicht, dagegen ist zur systematischen Stellung der Spirochaeten noch nicht das letzte Wort gesprochen. Die Gründe, die man für die eine oder andere Ansicht ins Feld geführt hat, stützen sich hauptsächlich auf morphologische und entwicklungsgeschichtliche Tatsachen. Bereits in meiner früheren Arbeit [3]) habe ich die Ansicht geäußert, daß die Immunitätsreaktionen gegen eine Spirillennatur der Rekurrensspirochaeten, d. h. gegen ihre Zugehörigkeit zu Bakterien sprechen. Diese Ansicht finde ich vor allem an den vor-

[1]) Archiv f. Hygiene 1905, Bd. 54.
[2]) Zentralbl. f. Bakt. 1907, Bd. 44.
[3]) a. a. O.

liegenden vergleichenden Untersuchungen über Agglomeration bei Spirochaeten und Trypanosomen bestätigt.

Seitdem Wassermann und seine Mitarbeiter, sowie Neißer und Sachs das von Bordet und Gengou beschriebene Phänomen der Komplementbindung für diagnostische Zwecke nutzbar gemacht haben, steht diese biologische Reaktion im Mittelpunkt des Interesses. Namentlich die von Wassermann auf diesem Prinzip aufgebaute Reaktion auf Syphilis hat der Immunitätsforschung, wie man aus der umfangreichen Literatur der letzten beiden Jahre über diesen Gegenstand ersehen kann, neue Bahnen gewiesen. Neben manchen ablehnenden Urteilen, auf die einzugehen hier nicht der Ort ist, sprechen die Arbeiten von Marie und Levaditi[1]) sowie von Morgenroth und Stertz[2]) und in gewissem Sinne auch die Mitteilung von L. Michaelis[3]) ganz wesentlich zugunsten der Wassermannschen Auffassung. Ein gründlicher Einblick in das Wesen der Reaktion, der alle Zweifel an ihrer Specifität beseitigen könnte, ist indes bisher nicht gewonnen worden. Vor allem kennt man bei der Reaktion auf Syphilis weder das Antigen noch den Antikörper, deren Bindung Komplementschwund bedingt. Bei Benutzung von kultivierbaren Bakterien bezw. deren Extrakten und den bezüglichen Immunseren liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse im allgemeinen günstiger. Hier läßt sich die spezifische Einwirkung von Antigen und Antiserum mit Hülfe sonstiger Immunitätsreaktionen beweisen und kontrollieren. Das ist bei der Syphilis aber z. Z. nicht der Fall.

Wenn nun auch die Ausdehnung biologischer Untersuchungsmethoden auf solche Krankheiten, mit deren Erregern man nicht in der bequemen Weise experimentieren kann wie mit Reinkulturen von Bakterien, eine willkommene Erweiterung unserer diagnostischen Hilfsmittel bedeutet, so wird anderseits gerade dadurch auch der Wunsch angeregt, die Sicherheit der Reaktion bei Erregern, die dem der Syphilis nahestehen, auf die Probe zu stellen, deren Immunitätsreaktionen im Reagensglas oder im Tierversuch jederzeit kontrolliert werden können.

Nach dieser Richtung schien das Studium der Komplementbindung bei Hühnerspirochaeten und bei Rekurrensspirochaeten interessant und aussichtsvoll zu sein. Hier handelt es sich nämlich einmal um Lebewesen, die der Syphilisspirochaete morphologisch nahestehen und mit denen man infolge der Möglichkeit einer Anreicherung im kreisenden Blut besser als wie mit der Spirochaeta pallida experimentieren kann. Anderseits haben wir in diesen Fällen Antisera, deren spezifische Wirkungen man bequem nachweisen kann. Die gleichen Untersuchungen bei Trypanosomen dürften eine wesentliche Ergänzung darstellen, da man bei der Trypanosomiasis der Ratten ebenfalls eine volle Immunität kennt und die Wirkung des Immunserums ebenfalls im Reagensglas und im Tierversuch demonstrieren kann. Die Trypanosomen-Untersuchungen ließen auch in praktischer Beziehung Aufschlüsse erwarten, da man über die verwandtschaftlichen Beziehungen der verschiedenen Trypanosomen und über die Immunitätsverhältnisse dabei nur unklare Vorstellungen hat.

---

[1]) Annales Pasteur 1907.
[2]) Virchows Archiv 1907.
[3]) Berl. klin. Wochenschr. 1907.

Über das der spezifischen Komplementbindung zugrunde liegende Prinzip und die zu seinem Verständnis supponierten theoretischen Vorstellungen brauche ich mich hier kaum zu verbreiten; in den einschlägigen Arbeiten findet sich das Erforderliche überall mehr oder weniger eingehend erörtert.

In bezug auf die Technik der Versuche habe ich mich an die Angaben von Wassermann gehalten und sonderlich die Momente in Rücksicht gezogen, die in der Arbeit von Wassermann, Neisser, Bruck und Schucht[1]) als Fehlerquellen der Reaktion angeführt sind. Daß die Methodik eine ganz außerordentliche Rolle spielt, wenn man es nicht mit Reinkulturen von Bakterien, sondern mit Extrakten aus nicht züchtbaren Mikroorganismen zu tun hat, und erst an dem unbefriedigenden Ausfall einer großen Anzahl von Vorversuchen in der Vollkommenheit erlernt werden kann, daß man nähere Schlüsse daraus ziehen darf, muß ausdrücklich betont werden.

Als Antigen wurden Extrakte aus Blut und aus den inneren Organen infizierter Tiere verwendet. Um sie möglichst konzentriert zu gewinnen, wurden die infizierten Tiere immer erst auf der Höhe der Infektion benutzt.

Die Blutextrakte wurden so hergestellt, daß je eine Ratte direkt in ein steriles Erlenmeyer-Kölbchen entblutet wurde, das 10 ccm steriles destilliertes Wasser und Glasperlen enthielt. Bei den Versuchen mit Hühnerspirochaeten wurden etwa 3—4 ccm Blut auf 10 ccm destilliertes Wasser genommen. In einer größeren Reihe von Versuchen wurde auch nur 5 ccm Wasser auf die gleiche Blutmenge berechnet, indessen schien mir die ersterwähnte Mischung bessere Resultate zu geben, zumal man für den Versuch nur entsprechende Verdünnungen dieser Extrakte anwenden konnte, da sie in stärkerer Konzentration an und für sich die Hämolyse hemmten. Die Mischung wurde nun 24 Stunden im Schüttelapparat kräftig geschüttelt, darauf 5%ige Karbolsäurelösung zugesetzt in der Menge, daß eine 0,5%ige Lösung resultierte und schließlich durch mehrstündiges Zentrifugieren geklärt. Extrakte, die 48 Stunden geschüttelt worden waren, ließen keine wesentlichen Unterschiede zutage treten und wurden darum nicht weiter benutzt.

Die Extrakte aus Rattenorganen wurden durch Verreiben sämtlicher mit der Scheere zerkleinerten inneren Organen einer entbluteten Ratte mittels Glasscherben im sterilen Mörser und 24stündiges Ausschütteln mit 20 ccm destilliertem Wasser in einem Glasperlen enthaltenden Kölbchen gewonnen. Darauf wurde wieder Karbolsäure zugesetzt und zentrifugiert. Zur Bereitung der Extrakte aus Hühnerorganen diente lediglich Lebersubstanz. Es wurde hier darauf geachtet für die Verarbeitung des Versuchs- und Kontrollextraktes gleiche Gewichtsmengen der Substanz zu benutzen (etwa 10 g).

Mit Rücksicht auf die Beobachtung Wassermanns und seiner Mitarbeiter, daß die Extrakte aus den Lebern syphilitischer Foeten nicht immer sehr haltbar sind, wurden prinzipiell für jeden Versuch neue Extrakte hergerichtet.

Auf diese Weise ist eine recht erhebliche Anzahl von Extrakten und Seren in Bezug auf Komplementbindung untersucht worden.

Anfänglich wurden auch Schüttelextrakte aus angetrocknetem Blut (37°) mit physiologischer Kochsalzlösung und mit destilliertem Wasser angefertigt; da ihr An-

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 1906.

tigengehalt geringer zu sein schien, wurden sie nicht für die hier mitgeteilten Versuchsreihen verwendet.

Die Blutextrakte infizierter Tiere zeigen ihre Antigeneigenschaften — ich halte diese Feststellung bezüglich der Beurteilung der Versuche für wichtig — daran, daß sie bei subkutaner Einverleibung im Tierkörper eine gewisse aktive Immunität erzeugen. Die Organextrakte haben diese Fähigkeit nicht gezeigt.

Als Antisera dienten zu den Versuchen Blutsera von Hühnern bezw. Ratten, die drei und mehrere Male mit einer größeren Dosis infizierten Blutes vorbehandelt worden waren. Wie man aus den Arbeiten über Immunität bei der Hühnerspirochaetose (Levaditi, Levaditi et Manouélian, Neufeld und v. Prowazek, Uhlenhuth, Groß und Bickel, Uhlenhuth und Groß) bei der experimentellen Rattenrekurrens (Norris, Pappenheimer and Flournoy, Novy and Knapp, Breinl and Kinghorn, C. Fränkel, Uhlenhuth und Händel, Levaditi et Manouélian, Verfasser) und bei der Trypanosomiasis der Ratten (Rabinowisch und Kempner, Laveran und Mesnil, Jürgens) weiß, gibt es hier nach 1—2 maliger Vorbehandlung eine volle Immunität, die auch in immunisierenden Eigenschaften des Blutserums Ausdruck findet und im Reagensglas demonstriert werden kann. Im speziellen liefern die Arbeiten von Uhlenhuth und Händel, sowie Verfasser den Beweis, daß den Immunseren der verschiedenen Rekurrensformen streng spezifische agglomerierende und parasitizide Eigenschaften zukommen, die eine Differenzierung dieser Formen gestatten. Ein weiterer Umstand, der die hier verwendeten experimentellen Antisera ebenfalls als sehr geeignet für Komplementbindungsversuche erscheinen lassen muß, ist der, daß infolge Verarbeitung ein- und derselben tierischen Eiweißart zu Antigen und Antiserum eine Präzipitatbildung bei der Vereinigung dieser beiden Reagentien, die ja an und für sich schon ohne Beziehung auf das nachzuweisende spezifische Agens, Komplementbindung erzeugen würde, umgangen ist. Daß in den Extrakten beim Zusatz von Immunserum keine für Spirochaeten bezw. Trypanosomen spezifischen Präzipitate beobachtet wurden, habe ich bereits oben gesagt.

Die Sera wurden gewöhnlich für jeden Versuch besonders gewonnen und in der Verdünnung $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ verwendet, nachdem sie vorher durch Erwärmen auf 56—58° C. ($^1/_2$ Std.) inaktiviert worden waren.

Als hämolytisches Serum dienten verschiedene Hammelblut lösende Kaninchensera, deren Titer vor jedem Versuch besonders bestimmt wurde; die doppelte komplett lösende Dosis wurde dann für den Versuch benutzt.

Das defibrinierte Hammelblut wurde mit physiologischer Kochsalzlösung zweimal gewaschen und dann mit soviel physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, daß 20 ccm je einem ccm des defibrinierten Blutes entsprachen.

Als Komplement wurde Meerschweinchenserum in der Verdünnung $^1/_{10}$ verwendet (Dosis 0,05).

Als Kontrollen wurden sowohl normale Sera als auch normale Extrakte in den Versuch gestellt.

Von jedem der 5 Reagentien wurden 0,5 ccm genommen, sodaß sich ein Gesamtinhalt der Röhrchen von 2,5 ccm ergab. In den Kontrollen wurde mit physio-

logischer Kochsalzlösung auf diese Gesamtmenge aufgefüllt. Auch der Titer des hämolytischen Serums war auf diese Gesamtmenge eingestellt.

Die Mischungen Antigen-Antiserum-Komplement bezw. Blutkörperchen-Amboceptor kamen gleichzeitig in getrennten Röhrchen in den Brutraum und wurden nach einer Stunde zusammengegossen. Nach weiteren 2 Stunden wurde das Resultat abgelesen.

Der Gang des einzelnen Versuches gestaltete sich nun so, daß zuerst die doppelt komplett lösende Dosis des hämolytischen Serums ausprobiert und dann die Kontrollen angesetzt wurden, um die an und für sich hemmenden oder hämolysierenden Quantitäten der Extrakte und Sera zu ermitteln.

Eine Anzahl von Extrakten erwies sich dabei als unbrauchbar, indem sie in der Verdünnung $^1/_8$ noch Komplementbindung bewirkten. Mitunter ließ diese Eigenschaft nach nochmaligem scharfen Zentrifugieren nach, im anderen Falle wurden neue Extrakte angefertigt. Die Sera hemmten die Hämolyse in der Verdünnung $^1/_5$ meistens nicht, dagegen fand ich öfters Rattensera noch in der Verdünnung $^1/_{20}$ (0,025) hämolytisch für Hammelblut. Sobald in der Verdünnung $^1/_{10}$ (0,05) bei unserer Versuchsanordnung auch nur eine Spur Hämolyse nach 2 Stunden zu beobachten war, wurden auch diese Sera als unbrauchbar zurückgestellt. Im allgemeinen zeigten sich die Extrakte in den Verdünnungen $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$ und die Sera in den Verdünnungen $^1/_5$ und $^1/_{10}$ als weder hämolytisch noch hämolysehemmend. Mit diesen Dosen wurde alsdann im Anschluß an den Vorversuch die Reaktion angesetzt.

Die verschiedenen Versuchstabellen, die zum Beweis der daraus gezogenen Schlüsse notwendig sind, haben am Ende der Arbeit Platz gefunden.

Was die Resultate dieser Versuchsanordnung anlangt, so konnte ich zunächst die auffällige Feststellung machen, daß bei Benutzung von Organextrakten sowohl bei der Hühnerspirochaetose als auch bei der experimentellen Rekurrens und Trypanosomiasis der Ratten niemals im Vergleich zu den Kontrollen eine beachtenswerte Komplementbindung in die Erscheinung trat. (Vgl. Versuch VII.) Der Raumersparnis wegen sind die entsprechenden Spirochaetenprotokolle, die nichts besonderes bieten, weggelassen.

Dagegen habe ich bei den Versuchen mit Blutextrakten häufig Resultate gehabt, die im Sinne einer gewissen Spezifität der Reaktion zu sprechen scheinen, insofern, als spezifische Extrakte bei der Reaktion mit Immunserum in höherem Grade komplementbindend wirken als mit normalem Serum. (cf. Versuch I—VI.) Wenn z. B. bei unserer Versuchsanordnung der spezifische (Trypanosomen- oder Spirochaeten-) Blutextrakt bei der Bindung mit normalem Serum $^1/_{10}$ in der Menge von 0,25 noch Hemmung der Hämolyse ergab, dagegen in der Dosis 0,125 nicht mehr, so konnte man bei demselben Extrakt mit Immunserum $^1/_{10}$ noch in der Dosis 0,125 oder sogar in der Dosis 0,005 noch Hemmung der Hämolyse konstatieren. Die „Spezifität" kommt also nur in quantitativen Unterschieden zum Ausdruck.

Bei dem weiteren Verlauf ließen die Versuche erkennen, daß die Extrakte aus Rekurrensblut wechselseitig mit allen drei verschiedenen Formen von Rekurrensimmunseren Komplementbindung ergaben, und zwar in unge-

fähr gleich hohem Grade. (Versuch I—IV.) Eine Differenzierung der drei Arten ist also mit Hülfe dieser Reaktion nicht möglich.

Ähnlich scheinen die Verhältnisse bei den Trypanosomen zu liegen. Jedenfalls habe ich mit einem Immunserum der Rattentrypanosomiasis sowohl in der Bindung mit Extrakt aus Rattentrypanosomenblut als auch aus Dourinetrypanosomenblut gleichstarke Komplementbindung erhalten (Versuch VI).

Ein anderer Versuch hatte sogar das merkwürdige Ergebnis, daß ein Extrakt aus Rattentrypanosomenblut, der bei Bindung mit einem (allerdings nicht hochwertigen) Rattentrypanosomen-Immunserum und mit einem normalen Rattenserum keine Hämolysenhemmung gab, völlige Komplementbindung zur Folge hatte, wenn es mit einem Zeckenfieberimmunserum reagierte. (Versuch VIII.)

Bei den Kontrollversuchen mit normalen Blutextrakten fiel die Beobachtung auf, daß auch diese beim Reagieren mit Immunserum Komplementbindung hervorzurufen vermögen, nachdem festgestellt worden war, daß jedes Reagens für sich allein die Hämolyse nicht hemmt. Dagegen habe ich bei der Mischung von Normalextrakt und Normalserum niemals Hämolysenhemmung gefunden, vorausgesetzt, daß die Kontrollen einwandfrei waren.

Schließlich ist noch festzustellen, daß die Reaktion öfters bei Verwendung von spezifischem Antigen und dem homologen Antiserum ausblieb, ohne daß sich in der Herstellung der Reagentien ein Grund dafür finden ließ. Die Tabellen dieser Versuche habe ich nicht mitgeteilt.

Es fragt sich nun, welche Schlüsse aus diesen Feststellungen auf das Wesen der Komplementbindung und ihre Brauchbarkeit für Untersuchungen der vorliegenden Art gezogen werden können.

Zunächst ist es in der Tat als auffällig zu bezeichnen, daß spezifische Extrakte und Immunsera eine stärkere Avidität zum Komplement bedingen als normale. Infolgedessen kommt bei der Bindung von spezifischem Extrakt und normalem Serum und von normalem Extrakt mit Immunserum eine Hämolysenhemmung zustande, wenn sie bei der Bindung zwischen normalem Extrakt und normalem Serum ausbleibt. Bei der Reaktion von spezifischem Extrakt und Immunserum kommt die Komplementbindung noch vollkommener zum Ausdruck und gibt hier zuweilen gegenüber den Kontrollen ganz auffällige höhere Ausschläge. Daß dieses abweichende Verhalten der spezifischen Extrakte und Immunsera mit dem infizierenden Agens bezw. mit der Immunisierung in irgend einen näheren Zusammenhang gebracht werden muß, scheint mir daraus hervorzugehen, daß normale Extrakte-normale Sera — einwandfreie Kontrollen vorausgesetzt — in meinen Versuchen niemals Komplementbindung ergeben haben, und daß ferner diese graduellen Unterschiede bei der Verwendung von Organextrakten nicht hervortreten. Diese Organextrakte enthalten nämlich, da sie aus den inneren Organen ausgebluteter infizierter Tiere hergestellt sind, viel geringere Mengen von Trypanosomen- und Spirochaetensubstanz als die Blutextrakte, indem wir es bei diesen Mikroorganismen mit reinen Blutparasiten zu tun haben.

Eine strenge Spezifität kommt indes der Komplementbindungsreaktion in unserem Falle auch bei Berücksichtigung der oben er-

wähnten quantitativen Differenzen nicht zu. Das ergibt sich daraus, daß bei wechselseitiger Bindung zwischen Novy- bezw. Obermeier- und Duttonextrakten mit den Immunseren dieser drei Rekurrensformen auch keine graduellen Unterschiede zu Tage getreten sind. Vielmehr haben sie sich ganz gleichmäßig verhalten. Man kann also die drei Spirochaetenarten mit Hülfe der Komplementbindungsreaktion nicht unterscheiden, während man mittels Agglomeration und Tierversuch eine Differentialdiagnose stellen kann. Ebenso hat sich mit Hülfe eines Immunserums der Rattentrypanosomiasis ein Unterschied zwischen Rattentrypanosomen und Dourinetrypanosomen nicht feststellen lassen; das Immunserum agglomerierte Rattentrypanosomen kräftig, während es Dournietrypanosomen unbeeinflußt ließ. Bekanntlich kann man diese beiden Formen auch morphologisch unterscheiden. Noch weniger läßt sich der Versuch VIII im Sinne einer strengen Spezifität deuten, wo bei der Bindung von Extrakt aus Rattentrypanosomenblut mit Zeckenfieberimmunserum komplette Hemmung erhalten wurde, während derselbe Extrakt mit homologem Immunserum und mit Normalserum in den gleichen quantitativen Verhältnissen keine Komplementbindung ergab. Nun steht wohl das Ausbleiben der Hemmung bei Verwendung von Extrakt und homologem Immunserum mit einer Spezifität nicht in Widerspruch und läßt sich durch mangelhafte Beschaffenheit des Extrakts oder geringe Wertigkeit des Serums erklären; auch könnte man sich vorstellen, daß gelegentlich ein Extrakt mit einem nicht homologen Immunserum eine Ablenkung gibt ebenso wie mit normalem Serum. Dagegen spricht ein derartiger Ausfall im Laufe eines gleichzeitig ausgeführten Versuches und bei einwandfreien Kontrollen m. E. gegen eine strenge Spezifität der Reaktion.

Zieht man weiter in Betracht, daß ein großer Teil der Extrakte an und für sich die Hämolyse stark hemmt, und dadurch die Anstellung der Reaktion illusorisch gemacht wird, so wird man es gerechtfertigt finden, wenn ich von der Anwendung der Komplementbindungsreaktion in der hier geübten Versuchsanordnung bei der Erforschung der Immunität nach Trypanosomen- und Spirochaeteninfektionen keinen wesentlichen Fortschritt erwarte.

Zwar liegen die Verhältnisse hier insofern ungünstig, als man auf Blutextrakte angewiesen ist, die an und für sich die Hämolyse stärker hemmen als andere Extrakte. (Wassermann, Neißer, Bruck und Schucht.) Indes liegen anderseits die Bedingungen für die Bereitung von Extrakten sehr günstig, da es sich um frei im Blut suspendierte Parasiten handelt. In den Extrakten ist ja auch Antigen in nachweisbarer Menge enthalten, wie die Möglichkeit einer aktiven Immunisierung damit erweist. Dazu kommt, daß man hier hochwertige Immunsera zur Verfügung hat.

Die Zukunft wird lehren, ob unzuverlässige Ergebnisse, wie ich sie gehabt habe, auf technischen Mängeln beruhen, wie Citron[1]) meint, der bei Experimenten mit Tsetsetrypanosomen anscheinend gute Resultate gehabt hat, oder ob sich der Methode noch ein weiteres Gebiet bei der Erforschung von solchen Krankheiten, deren Erreger man nicht züchten kann, erschließen wird. Auch hier liegen ja bereits einige negative Versuchsergebnisse bei

---

[1]) Dtsche med. Wchschr. 1907.

Lyssa und Vaccine vor — Heller und Tomarkin[1]), Friedberger[2]). Auch H. Weber[3]) hat bei Trypanosomen-Untersuchungen anscheinend unzuverlässige Resultate gehabt.

Die bezüglichen Untersuchungen an unserem Spirochaetenmaterial haben natürlich ein praktisches Interesse nur wegen der Beziehungen zur Syphilis. Leider haben sie Anhaltspunkte, die zur weiteren Klärung in dieser Richtung dienen könnten, nicht recht ergeben.

Meine aus den vorliegenden Untersuchungen abgeleitete Auffassung über die Bedeutung der Komplementbindung würde sich im großen und ganzen der nähern, die L. Michaelis[4]) für dieselbe Reaktion bei Syphilis an der Hand von auffälligen Versuchsergebnissen dargetan hat. Auch Michaelis betont, daß die Unterschiede zwischen normalen und syphilitischen Extrakten nur quantitativer Natur seien, und führt in seinen Tabellen Fälle an, wo Sera, die mit Syphilis nichts gemein hatten (Typhus), eine positive Reaktion gegeben haben. Die quantitativen Verhältnisse dabei sind leider nicht aus den Tabellen ersichtlich.

Groß-Lichterfelde, Mitte September 1907.

Literatur.

1. Laveran et Mesnil, Comptes rendus soc. biol. 1900.
2. Dieselben, Annales Pasteur 1901.
3. Dieselben, Trypanosomes et Trypanosomiases, Paris 1904.
4. Rabinowitsch und Kempner, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 30, 1899.
5. Köhler, Klin Jahrbuch, Bd. 8.
6. Paltauf in Kolle-Wassermanns Handbuch der path. Mikr. Bd. IV.
7. Levaditi et Manouélian, Ann. Pasteur 1907.
8. Novy und Knapp, Journ. of infect. diseases 1906.
9. Gabritschewsky, Ann. Pasteur 1896.
10. Derselbe, Zentralbl. f. Bakt. 1898, Bd. 23.
11. Metschnikoff, Ann. Pasteur 1891.
12. Löwit, Zentralbl. f. Bakt. Bd. 34.
13. Wassermann, Zeitschr. f. Hygiene 1902.
14. Bordet, Ann. Pasteur 1899.
15. Jürgens, Archiv f. Hygiene, Bd. 42, 1902.
16. Neufeld, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 40, 1902.
17. Neufeld und v. Prowazek Arbeit. aus d. Kais. Gesundheitsamt 1907.
18. v. Prowazek ebenda 1905.
19. Novy, Mac Neal and Torrey, Journ. of infect. diseases 1907.
20. Ledoux-Lebard, Ann. Pasteur 1902.
21. Rößle, Archiv f. Hygiene, Bd. 54, 1905.
22. Zabolotny und Maslakowetz, Zentralbl. f. Bakt. 1907.
23. Fornet und Scherewsky, Münch. med. Wchschr. 1907.
24. Wassermann, Neißer, Bruck und Schucht, Zeitschr. f. Hygiene. 1906, Bd. 55.
25. Wassermann und Plaut, Dtsche. med. Wchschr. 1906.
26. Leuchs Dtsche med. Wchschr. 1906.
27. Citron, Dtsche med. Wchschr. 1907.
28. Levaditi und Marie, Ann. Pasteur 1907.
29. Morgenroth und Stertz, Virch. Archiv 1907.
30. Weil und Nakayama, Münch med. Wchschr. 1906.
31. Leuchs Berl. klin. Wchschr. 1907.
32. Weil, Wiener klin. Wchschr. 1907.
33. Heller und Tomarkin, Dtsche. med. Wchschr. 1907.
34. Friedberger, Wiener klin. Wchschr. 1907.
35. Seligmann, Berl. klin. Wchschr. 1907.
36. L. Michaelis ebenda 1907.
37. H. Weber, Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Therap. Bd. IV, 1907.

---

[1]) Dtsche med. Wchschr. 1907.
[2]) Wiener klin. Wchschr. 1907.
[3]) Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Therap. Bd. IV. 1907.
[4]) Berl. klin. Wchschr. 1907.

Versuch I.

Antigen:	Extrakt aus normalem Rattenblut	= Norm.-Extr.
	„ „ Blut einer mit russ. Rekurr. infiz. Ratte	= Oberm.-Extr.
	„ „ „ „ „ amerik. „ „ „	= Norm.-Ser.
Antisera:	Normales Rattenserum	= Norm.-Ser.
	Serum einer gegen russ. Rekurr. immun. Ratte	= Oberm.-Ser.
	„ „ „ amerik. „ „ „	= Nov.-Ser.
	„ „ „ afrik. „ „ „	= Dutt.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/1000	„	+
„	„	„	„ 1/2000	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/500	„	—
Nov.-Extr. 1/1	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Norm.-Extr. 1/1	„	„	„	„	—
Oberm.-Extr. 1/1	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/8	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	+
Oberm.-Extr. 1/8	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/8	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/8	Nov.-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/16	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/32	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/8	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
Oberm.-Extr. 1/16	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
Oberm.-Extr. 1/32	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Norm.-Extr. 1/8	Norm.-Ser.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	+
"	Oberm.-Ser.	"	"	"	±
"	Nov.-Ser.	"	"	"	±
"	Dutt.-Ser.	"	"	"	±
Norm.-Extr. 1/16	Norm.-Ser.	"	"	"	+
"	Oberm.-Ser.	"	"	"	+
"	Nov.-Ser.	"	"	"	+
"	Dutt.-Ser.	"	"	"	+

Versuch II.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit afrik. Rekurr. infiz. Ratte = Dutt.-Extr.[1])

Antisera: Normales Rattenserum = Norm.-Ser.

Serum einer gegen russ. Rekurr. immun. Ratte = Oberm.-Ser.

" " " amerik. " " " = Nov.-Ser.

" " " afrik " " " = Dutt.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Hämolytisches System wie bei Versuch I					
Dutt.-Extr. 1/4	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Phys. Kochsalzlös.	Dutt.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Nov.-Ser. 1/4	"	"	"	—
"	Oberm.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Norm.-Ser. 1/5	"	"	"	—
Dutt.-Extr. 1/4	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	—
" 1/8	"	"	"	"	+
" 1/16	"	"	"	"	+
Phys. Kochsalzlös.	Dutt.-Ser. 1/5	"	"	"	+
"	Nov.-Ser. 1/5	"	"	"	+
"	Oberm.-Ser. 1/5	"	"	"	+
"	Norm.-Ser. 1/5	"	"	"	+
Dutt.-Extr. 1/8	Dutt.-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	—
"	Nov.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Oberm.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Norm.-Ser. 1/5	"	"	"	—
Dutt.-Extr. 1/16	Dutt.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Nov.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Oberm.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Norm.-Ser. 1/5	"	"	"	+
Dutt.-Extr. 1/32	Dutt.-Ser. 1/4	"	"	"	±
"	Oberm.-Ser. 1/4	"	"	"	±
"	Nov.-Ser. 1/5	"	"	"	—
"	Norm.-Ser. 1/5	"	"	"	+

[1]) Extrakt durch 40 stündiges Ausschütteln gewonnen.

Versuch III.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer normalen Ratte = Nov.-Extr.
„ „ „ „ „ mit russ. Rekur. infiz. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ „ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Extr.

Antisera: Serum einer gegen russ. Rekur. immun. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/400	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/800	„	+
„	„	„	„ 1/1600	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/400	„	—
Norm. Extr. 1/4	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Oberm.-Extr. 1/4	„	„	„	„	—
Nov.-Extr. 1/4	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser 1/10	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	—
Oberm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/400	Hammelblutk. 1/20	±
„ 1/4	„	„	„	„	+
Nov.-Extr 1/4	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/4	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/4	Oberm.-Ser. 1/10	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/400	Hammelblutk. 1/20	—
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/8	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/4	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/8	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/10	Nov.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/4	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„ 1/4	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	—
1/10	Norm.-Ser. 1/10	„	„	„	+
„ 1/10	Oberm.-Ser. 1/10	„	„	„	+

Versuch IV.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit russ. Rekur. infiz. Ratte = Oberm.-Extr.
„ „ „ „ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Extr.
„ „ „ „ „ „ afrik. „ „ „ = Dutt.-Extr.

Antisera: Serum einer gegen afrik. Rekur. immun. Ratte = Dutt.-Ser.
„ „ „ russ. „ „ „ = Oberm.-Ser.
„ „ „ amerik. „ „ „ = Nov.-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/4000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/8000	„	+
„	„	„	„ 1/16000	„	—
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/4000	„	—

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Oberm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös	Hammelblutk. 1/20	—
Nov.-Extr. 1/2	„	„	„	„	—
Dutt.-Extr. 1/2	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
Nov. Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/4000	Hammelblutk. 1/20	+
Oberm.-Extr. 1/2	„	„	„	„	+
Dutt.-Extr. 1/2	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov.-Extr. 1/2	Nov. Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/4000	Hammelblutk. 1/20	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Nov. Extr. 1/4	Nov. Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/2	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
Oberm.-Extr. 1/5	Oberm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Nov.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/8	„	„	„	+
Dutt.-Extr. 1/2	Dutt.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

Versuch V.

Antigen: Extrakt aus dem Blut eines mit der Spir.-gallin. infiz. Huhnes = Spir.-Extr.
„ „ „ „ „ normalen Huhnes = Norm.-Extr.

Antisera: Serum eines 3 mal mit Hühnerspirochaetenblut vorbehand. Huhnes = Immun-Ser.
„ „ normalen Huhnes = Norm.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös	Phys. Kochsalzlös	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/2000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/4000	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/1000	„	—
Norm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Spir.-Extr. 1/2	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Immun-Ser 1/5	„	„	„	—
Norm.-Extr. 1/2	Phys. Kochsalzlös	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/2000	Hammelblutk. 1/20	+
„ 1/4	„	„	„	„	+
Spir.-Extr. 1/2	„	„	„	„	+
„ 1/4	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+
„	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	+

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Spir.-Extr. $^1/_2$	Immun-Ser. $^1/_5$	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{2000}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	—
„ $^1/_4$	„	„	„	„	—
„ $^1/_8$	„	„	„	„	±
„ $^1/_{16}$	„	„	„	„	±
Spir.-Extr. $^1/_2$	Norm.-Ser. $^1/_5$	„	„	„	+
„ $^1/_4$	„	„	„	„	+
„ $^1/_8$	„	„	„	„	+
„ $^1/_{16}$	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. $^1/_2$	Immun-Ser. $^1/_5$	„	„	„	±
„ $^1/_4$	„	„	„	„	±
„ $^1/_8$	„	„	„	„	+
„ $^1/_{16}$	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. $^1/_2$	Norm.-Ser. $^1/_4$	„	„	„	±
„ $^1/_4$	„	„	„	„	+
„ $^1/_8$	„	„	„	„	+
„ $^1/_{16}$	„	„	„	„	+

Versuch VI.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit Rattentrypanosomen infiz. Ratte = Lew.-Extr.
„ „ „ „ „ „ Dourine-Trypanosom. „ „ = Dour.-Extr.
„ „ „ „ „ normalen Ratte = Norm.-Extr.

Antisera: Serum einer 3 mal mit Rattentrypanosomenblut vorbehandelten Ratte = Immun-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{500}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	+
„	„	„	„ $^1/_{1000}$	„	+
„	„	„	„ $^1/_{2000}$	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ $^1/_{500}$	„	—
Lew.-Extr. $^1/_5$	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. $^1/_{20}$	—
Dour.-Extr. $^1/_5$	„	„	„	„	—
Norm.-Extr. $^1/_5$	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Immun-Ser. $^1/_5$	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. $^1/_5$	„	„	„	—
Lew.-Extr. $^1/_5$	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{500}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	+
Dour.-Extr. $^1/_5$	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. $^1/_5$	„	„	„	„	+
Phys. Kochsalzlös.	Immun-Ser. $^1/_5$	„	„	„	+
„	Norm.-Ser. $^1/_5$	„	„	„	+
Lew.-Extr. $^1/_5$	Immun-Ser. $^1/_5$	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{500}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	—
„	Norm.-Ser. $^1/_5$	„	„	„	±
Lew.-Extr. $^1/_{10}$	Immun-Ser. $^1/_5$	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. $^1/_5$	„	„	„	+
Lew.-Extr. $^1/_{20}$	Immun-Ser. $^1/_5$	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. $^1/_5$	„	„	„	+
Dour.-Extr. $^1/_5$	Immun-Ser. $^1/_5$	„	„	„	—
„ $^1/_{10}$	„	„	„	„	—
„ $^1/_{20}$	„	„	„	„	±

0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	Hämolyse nach 2 Std.
Dour.-Extr. 1/5	Norm.-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/500	Hammelblutk. 1/20	±
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	+
Norm.-Extr. 1/5	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	±
„ 1/5	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	±
„ 1/10	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	+
„ 1/10	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	+

Versuch VII.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit Rattentrypanosomen infizierten Ratte = Bl.-Extr.
„ „ den inneren Organen einer mit Rattentrypanosomen infiz. Ratte = Org.-Extr.
Antisera: Serum einer 2 mal mit Rattentrypanosomen vorbehandelten Ratte = Immun-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/5000	Hammelblutk. 1/20	+
„	„	„	„ 1/10000	„	+
„	„	„	„ 1/20000	„	—
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ 1/5000	„	—
Bl.-Extr. 1/5	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Phys. Kochsalzlös.	Hammelblutk. 1/20	—
Org.-Extr. 1/5	„	„	„	„	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
Bl.-Extr. 1/5	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/5000	Hammelblutk. 1/20	+
„ 1/10	„	„	„	„	+
Org.-Extr. 1/5	„	„	„	„	+
„ 1/10	„	„	„	„	+
Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	„	+
Immun-Ser. 1/5	„	„	„	„	+
Bl.-Extr. 1/5	Immun-Ser. 1/5	Meerschw.-Ser. 1/10	Kaninch.-Ser. 1/5000	Hammelblutk. 1/20	—
„ 1/10	„	„	„	„	—
„ 1/20	„	„	„	„	—
„ 1/40	„	„	„	„	—
Bl.-Extr. 1/5	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	+
„ 1/40	„	„	„	„	+
Org.-Extr. 1/5	Immun-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	±
„ 1/40	„	„	„	„	+
Org.-Extr. 1/5	Norm.-Ser. 1/5	„	„	„	—
„ 1/10	„	„	„	„	±
„ 1/20	„	„	„	„	±
„ 1/40	„	„	„	„	+

Versuch VIII.

Antigen: Extrakt aus dem Blut einer mit Rattentrypanosomen infizierten Ratte = Tryp.-Extr.
Antisera: Serum einer 2 mal mit Rattentrypanosomen vorbehandelten Ratte = Tryp.-Ser.
„ „ gegen Zeckenfieber immunisierten Ratte = Dutt.-Ser.
„ „ normalen Ratte = Norm.-Ser.

2 Std. 37°					Hämolyse nach 2 Std.
1 Std. 37°			1 Std. 37°		
0,5 Antigen	0,5 Antiser.	0,5 Kompl.	0,5 Hämol.-Ser.	0,5 Blutkörp.	
Phys. Kochsalzlös.	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{1000}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	+
„	„	„	„ $^1/_{2000}$	„	+
„	„	„	„ $^1/_{4000}$	„	±
„	„	Phys. Kochsalzlös.	„ $^1/_{1000}$	„	—
Tryp.-Extr. $^1/_2$	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Phys. Kochsalzlös	Hammelblutk. $^1/_{20}$	—
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. $^1/_{10}$	„	„	„	±
„	Tryp.-Ser. $^1/_{10}$	„	„	„	±
„	Dutt.-Ser. $^1/_{10}$	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	—
„	Tryp.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	—
Tryp.-Extr. $^1/_8$	Phys. Kochsalzlös.	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{1000}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	+
Phys. Kochsalzlös.	Norm.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	+
„	Tryp.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	+
Tryp.-Extr. $^1/_8$	Tryp.-Ser. $^1/_{20}$	Meerschw.-Ser. $^1/_{10}$	Kaninch.-Ser. $^1/_{1000}$	Hammelblutk. $^1/_{20}$	+
„	Dutt.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	—
„	Norm.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	+
Tryp.-Extr. $^1/_{16}$	Tryp.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	+
„	Dutt.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	±
„	Norm.-Ser. $^1/_{20}$	„	„	„	+

Über Komplementbindung und Komplementablenkung bei 0° und bei 37°.

Von

Prof. **Dr. F. Neufeld,**
Regierungsrat im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

und

Stabsarzt **Dr. Händel,**
kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

In früheren Arbeiten (1) (2) ist über Untersuchungen berichtet worden, bei denen verschiedene Immunsera gegenüber Typhus- und Cholerabazillen einerseits in Bezug auf ihren Gehalt an bakteriolytischen Ambozeptoren, anderseits in Bezug auf ihre komplementablenkende Wirkung verglichen wurden. Diese Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß zwischen den genannten beiden Wirkungen eines Serums, obgleich dieselben in manchen Fällen parallel gehen mögen, keine gesetzmäßigen Beziehungen bestehen. Wir fanden Sera, die reichlich bakteriolytische Ambozeptoren enthielten, aber fast gar keine spezifische Komplementablenkung bewirkten, und anderseits solche, die mit Cholerabazillen starke Komplementablenkung ergaben, ohne dabei überhaupt bakteriolytische Ambozeptoren und ebensowenig übrigens Agglutinine oder Präcipitine für Cholera zu enthalten.

Die Versuche schienen keinen anderen Schluß zuzulassen, als den, daß die Komplementablenkung durch spezifische Immunsera nicht auf die bakteriolytischen Ambozeptoren, sondern auf einen Antikörper eigener Art zurückzuführen ist, für den die Bezeichnung „Bordetscher Antikörper“ vorgeschlagen wurde[1]).

Bereits vor den genannten Untersuchungen hat Moreschi (3) auf die mangelnde Übereinstimmung zwischen dem bakteriziden Titer und den Ergebnissen der Bordet-Gengouschen Reaktion bei Typhusantiseris hingewiesen; er hat seine ersten Befunde kürzlich durch neue Beobachtungen ergänzt (4) und eine Anzahl von Fällen beschrieben, in denen sehr hochwertige Typhussera gar keine Komplementablenkung bewirkten. In Bezug auf die Deutung dieser Befunde weicht Moreschi jedoch völlig von uns ab; er hält durchaus an der von Bordet selbst gegebenen und von der überwiegenden Mehrzahl der Untersucher angenommenen Erklärung fest und nimmt demnach an, daß in denjenigen von seinen Versuchen, wo nach Zusatz des hämolytischen Systems keine Lösung eintrat, dies Ergebnis darauf beruhte, daß das Komplement durch die

---

[1]) Das Prinzip der Komplementablenkung wurde von Bordet im Jahre 1900 aufgefunden, im folgenden Jahre wandte Bordet in Gemeinschaft mit seinem Schüler Gengou dasselbe auf eine Anzahl verschiedener Bakterienarten an und empfahl die Methode der Komplementablenkung allgemein, „um die Existenz spezifischer Sensibilisatoren in einem Serum zu entdecken“.

bakteriziden Typhusambozeptoren in Beschlag genommen war. Diese Auffassung erscheint dem Autor — entsprechend der herrschenden Theorie — offenbar als so selbstverständlich, daß er ihre Richtigkeit garnicht diskutiert; die Fälle, in denen hoch wertige Typhussera im Bordet-Versuch gar keinen Ausschlag gaben, erklärt Moreschi mit der Annahme, daß die Typhusambozeptoren hier zufällig keine Verwandtschaft zu demjenigen Komplement hatten, das zur Komplettierung des benutzten hämolytischen Systems diente. In Moreschis Versuchen ergaben die von Menschen sowie die von Pferden stammenden Typhussera im Gegensatz zu den Kaninchensera ein gänzlich negatives Resultat in Bezug auf Komplementbindung; der Autor nimmt daher an, daß die Typhusambozeptoren gerade dieser Sera zu dem betreffenden hämolytischen Komplement gar keine oder eine zu geringe Affinität besaßen.

Für die Deutung der von Händel bei Choleraseris erhobenen Befunde kommt eine solche Annahme schon deswegen kaum in Frage, weil die Sera, die sich inbezug auf die Komplementablenkung so verschieden verhielten, alle von der gleichen Tierart, nämlich von Kaninchen herstammten. Ausschlaggebend ist aber folgendes: Die Annahme Moreschis kann zwar solche Fälle erklären, in denen Sera trotz hohen Gehalts von Ambozeptoren eine Ablenkung des hämolytischen Komplements vermissen lassen, aber niemals die von Händel mitgeteilten Befunde, in denen umgekehrt Sera, die gar keine (bakteriolytischen) Choleraambozeptoren enthielten, noch in beträchtlicher Verdünnung eine Komplementablenkung mit Cholerabazillen ergaben.

Wir haben uns nun bemüht, die Bindung des Komplements durch Ambozeptoren einerseits und durch den Bordetschen Antikörper anderseits näher zu verfolgen und haben hierzu den Ablauf dieser Prozesse bei niederer Temperatur (0°—3°) herangezogen. Es ist bekannt, daß bei dieser niedrigen Temperatur die hämolytischen Ambozeptoren von den zugehörigen Blutkörperchen gebunden werden während eine Bindung des Komplements ausbleibt; auf diesem Wege gelang ja Ehrlich und Morgenroth zum ersten Mal die Trennung des komplexen Hämolysins in die beiden Bestandteile Ambozeptor und Komplement.

Nun hat Liefmann (5) gefunden, daß die mit der Präzipitinreaktion vergesellschaftete Komplementablenkung auch bei 0° erfolgt. Liefmann arbeitete mit Hühnereiweiß und dem Serum eines mit Hühnereiweiß vorbehandelten Kaninchens. Er mischte geeignete Mengen von beiden mit Komplement, ließ die Mischung 2 Stunden bei 0° stehen, — wobei sich ein Präzipitat bildete, — zentrifugierte alsdann und versetzte den Abguß sofort mit sensibilisierten Blutkörperchen; dieselben wurden nicht mehr gelöst, das Komplement war also gebunden worden. Liefmann macht selbst den Einwand, daß sich bei diesem Versuch nicht das gesamte Eiweiß und Antieiweiß im Bodensatz zu befinden braucht; es ist vielmehr möglich, daß die überstehende Flüssigkeit kleine Mengen der beiden Substanzen enthält, die nun nach dem Erwärmen nachträglich mit einander reagieren und dabei Komplement binden können, auch ohne daß sich diese Reaktion durch einen sichtbaren Niederschlag zu erkennen gibt. Diese Möglichkeit liegt zweifellos vor; Liefmann glaubt jedoch, daß die in seinen Versuchen beobachtete völlige Ablenkung des Komplements nicht auf diese Weise erklärt werden könne, weil auch große Mengen von Eiweiß und Antieiweiß nicht imstande

seien, eine vollständige Komplementbindung zu veranlassen, sobald sie **gleichzeitig** mit den sensibilisierten Blutkörperchen zugesetzt würden. Daher nimmt Liefmann an, daß in seinen Versuchen die Bindung des Komplements in der Tat schon bei 0° erfolgt ist, und weist darauf hin, daß dies gegen die Annahme einer Ambozeptorwirkung spricht. Einen definitiven Schluß in dieser Hinsicht zieht Liefmann jedoch aus den Versuchen noch nicht; auch Sachs (6) meint bei einer Besprechung derselben, indem er ebenfalls auf die Möglichkeit hinweist, daß in dem Abguß der Röhrchen noch komplementbindende Substanz vorhanden sein und nach der Erwärmung in Wirksamkeit treten kann, daß durch diese Versuche die Annahme von Ambozeptoren als Träger der komplementablenkenden Wirkung des Antiserums nicht widerlegt sei.

Unserer Ansicht nach können Liefmanns Versuche vor allem deswegen keine sichere Entscheidung darüber geben, ob die Komplementablenkung durch Ambozeptoren bewirkt wird, weil die Frage, ob ein Ambozeptor sich bei 0° mit dem Komplement verbindet, bisher nur für hämolytische Ambozeptoren untersucht worden ist; nicht einmal für die bakteriolytischen Ambozeptoren liegen unseres Wissens entsprechende Versuche vor und gar bei Ambozeptoren gegen gelöstes Eiweiß, um die es sich bei Liefmanns Versuchen handeln würde, erscheint es von vornherein wohl nicht ausgeschlossen, daß sie sich in diesem Punkte anders verhalten könnten. Denn diese durch Immunisierung von Tieren mit gelösten Eiweißstoffen entstehenden „Ambozeptoren" sind doch rein hypothetische Gebilde, von denen wir gar nicht wissen, inwieweit sie sich überhaupt mit den sonstigen Ambozeptoren vergleichen lassen; vorläufig kennen wir ja von diesen Stoffen nichts weiter als eben die Eigenschaft der Komplementbindung.

Ganz anders liegt die Sache, sobald wir uns auf ein bekanntes Terrain begeben und anstatt der hypothetischen „Antieiweißambozeptoren" mit den bakteriolytischen Choleraambozeptoren arbeiten. Wir glaubten daher, Versuche über den Verlauf der Komplementbindung durch Cholerabazillen und spezifisches Choleraserum bei 0° anstellen und auf diesem Wege eine Klärung der Frage versuchen zu sollen. Hierzu schien uns der Umstand besonders förderlich zu sein, daß wir über solche Antisera verfügten, die wenig oder gar keine bakteriolytischen Choleraambozeptoren enthielten, trotzdem aber mit Cholerabazillen stark komplementablenkend wirkten, und über andere Sera, die umgekehrt sehr viel Choleralysin und sehr wenig Bordetsche Antikörper besaßen. Aus dem Verhalten dieser Sera bei 0° durften wir Aufschlüsse darüber erwarten, wie sich bei dieser Temperatur die Ambozeptoren und der Bordetsche Antikörper zum Komplement verhalten.

Es zeigte sich jedoch, daß es solcher vergleichenden Untersuchungen gar nicht bedurfte; es gelang uns nämlich bereits auf einem anderen Wege, über das Verhalten der beiden Antikörper zu Bakterien und Komplement bei 0° Klarheit zu gewinnen. Wie aus den folgenden Protokollen hervorgeht, erhielten wir Befunde, die dafür sprechen, daß bei 0° wenigstens bei Innehaltung bestimmter Versuchsbedingungen nur durch Vermittlung des Bordetschen Antikörpers, aber nicht durch die des gleichzeitig anwesenden bakteriolytischen Ambozeptors Komplement an die Cholerabazillen gebunden wird.

Begreiflicherweise bedarf es einer besonderen Versuchsanordnung, um ein solches

Resultat zu erhalten; in der Regel gelingt es ja nicht, die Wirkungen der beiden Antikörper auseinanderzuhalten. Ähnliche Schwierigkeiten haben sich aber bekanntlich auch bei andern Antikörpern gezeigt; so wurden die Agglutinine und später die Tropine vielfach mit den bakteriziden Antikörpern für identisch gehalten, bis es gelang, sie durch besondere Versuchsbedingungen von einander zu differenzieren.

Um den Vorgängen, die sich bei der Komplementfixation durch Bakterien und Antiserum abspielen, näher als dies bisher geschehen ist, nachzugehen, haben wir bei allen unseren Versuchen zur Prüfung auf das Vorhandensein von freiem Komplement nicht nur, wie üblich, ein hämolytisches System, sondern in einer parallelen Versuchsreihe auch ein entsprechendes Vibrionensystem hinzugesetzt, d. h. Cholerabazillen, die mit bakterizidem Choleraserum sensibilisiert waren. Wir haben also nicht nur auf Anwesenheit des hämolytischen, sondern auch auf die des bakteriziden Komplements untersucht.

Ferner haben wir das Komplement nicht nur in der überstehenden Flüssigkeit gesucht, sondern auch die im Bodensatz befindlichen Bazillen darauf geprüft, ob sie Komplement gebunden hatten; hierbei handelt es sich natürlich nur um das bakterizide Komplement. Um die unter dem Einfluß des Komplements eintretende Umwandlung der Choleravibrionen im Granula besser beobachten zu können, haben wir nicht, wie in unseren früheren Versuchen über Komplementablenkung bei Cholera, mit abgetöteten, sondern stets mit lebenden Cholerabazillen gearbeitet.

Bezüglich der Versuchstechnik sei bemerkt, daß wir die Mischungen in kleinen Zentrifugierröhrchen vornahmen, die bereits vorher in Eis gekühlt worden waren und die während der Dauer des Versuches in einer großen, mit Eis gefüllten Glasschale standen; ebenso wurden die verwendeten Sera, die Kulturaufschwemmungen und die Kochsalzlösung vor der Mischung auf 0° abgekühlt, und das Zentrifugieren geschah, indem die kleinen Röhrchen in größere mit Eis gefüllte Zentrifugiergläser gesteckt wurden. Um während aller Manipulationen die Temperatur der Röhrchen nicht zu hoch steigen zu lassen, sahen wir von so großen Versuchsreihen, wie wir sie zu Komplementablenkungsversuchen bei 37° gewöhnlich ansetzen, von vornherein ab und beschränkten die Zahl der zu verarbeitenden Röhrchen nach Möglichkeit.

In unserem ersten Versuch enthielt jedes Röhrchen $^2/_5$ Öse lebender Cholerakultur, in 2,0 Kochsalzlösung aufgeschwemmt, und 0,2 Meerschweinchenkomplement, ferner spezifisches Choleraserum von Kaninchen 58 (das Serum wirkte früheren Versuchen zufolge stark komplementablenkend und hatte im Pfeifferschen Versuch den Titer 1 : 5000) bezw. normales Kaninchenserum in den unten angegebenen Mengen.

Die Röhrchen wurden $3^1/_2$ Stunden bei 0° gehalten, dann wurde zentrifugiert, die überstehende Flüssigkeit schnell abgegossen und in zwei Hälften geteilt: zu der einen Hälfte wurde 1,0 einer 5% Aufschwemmung von Hammelblutkörperchen, die mit hämolytischem Ambozeptor (0,08 auf 10,0) versetzt und dann eine Stunde bei 37° gehalten worden waren, zu der anderen Hälfte 0,1 sensibilisierter Cholerabazillen hinzugesetzt (1 Öse Cholerabazillen in 1,0 Kochsalzlösung verrieben, mit 0,1 spezif. Choleraserum versetzt und ebenfalls eine Stunde bei 37° gehalten; es empfiehlt sich hierzu ein gut bakterizides Serum zu nehmen, das aber nicht zu stark agglutiniert, da die Granulabildung sich dann besser beobachten läßt).

Von den mit sensibilisierten Vibrionen versetzten Röhrchen wurden nach $1-1^1/_4$ St. Präparate aus dem Bodensatz angefertigt und teils ungefärbt untersucht, teils mit Methylenblau oder verdünntem Karbolfuchsin gefärbt. Wir fanden die Untersuchung gefärbter Präparate für unsern Zweck geeigneter.

Versuch 1.

$3\frac{1}{2}$ St. bei 0°, dann in gekühlten Röhrchen zentrifugiert	Je eine Hälfte der überstehenden Flüssigkeit bei 37° versetzt mit a) sensib. Blutk.	b) sensib. Vibrionen
1. 0,06 spez. Chol.-Serum + $\frac{2}{5}$ Öse Kultur + 0,2 Kompl.	Spur Lösung	Granula
2. 0,03 „ „ „	0	„
3. 0,01 „ „ „	mässige „	„
4. 0,06 Kontroll-Kan.-Serum „ „	komplette „	„

Die kleine Versuchsreihe ergibt, daß die mit spezifischem Serum versetzten Cholerabazillen bei 0° eine starke und teilweise vollständige Bindung des hämolytischen, aber nicht des bakteriziden Komplements bewirkt haben.

Die Untersuchung des Bodensatzes der bei 0° gehaltenen Röhrchen wurde nur bei Röhrchen 2 ausgeführt und zwar wie bei allen späteren Versuchen in der Weise, daß der Bodensatz noch einmal mit Kochsalzlösung gewaschen, sodann in neuer Kochsalzlösung aufgeschwemmt und in zwei Hälften geteilt wurde: die eine wurde ohne weiteren Zusatz, die andere nach Zusatz von 0,1 Komplement 1 Stunde bei 37° gehalten und dann Präparate angefertigt.

Es ergab sich, daß der gewaschene Bodensatz des Röhrchens 2, nachdem er 1 Stunde bei 37° gestanden hatte, gut erhaltene Vibrionen aufwies, während die mit Komplement versetzte Hälfte desselben Bodensatzes aus Granula bestand. Die Vibrionen haben also bei 0° zwar den Ambozeptor, aber nicht das bakterizide Komplement gebunden. Dem entsprechend hatte sich dieses, wie oben mitgeteilt, in dem Abguß desselben Röhrchens nachweisen lassen.

Bevor wir auf die weitere Deutung des Versuches eingehen, wollen wir zunächst einen zweiten anführen.

Versuch 2a.

3 Stunden bei 0°, dann zentrifugiert	Je eine Hälfte d. Abgusses bei 37° versetzt mit		Je die Hälfte des gewaschenen Bodensatzes 1 Stde. bei 37°	
	a) sensib Blutk.	b) sensib. Vibrionen	a) in Kochsalzlösung	b) mit 0,1 Kompl.
1. 0,06 sp. Chol.-S. + $\frac{2}{5}$ Öse Chol. + 0,2 Kompl.	0	Granula	Vibrionen	Granula
2. 0,02 „ „ „	0	Granula u. spärl Vibr.	„	Granula
3. 0,06 Kontroll-S. „ „	komplette Lösung	Granula	„	Vibr. u. Gran.
4. 0,02 „ „ „	„	„	„	„
5. 0,06 sp. Chol.-S. — „	„	„	—	—
6. — — „	„	„	—	—
7. — „ „	„	„	Vibrionen	Vibr. u Gran.

Auch in diesem Versuche haben die Cholerabazillen, die mit spezifischem Serum und Komplement 3 Stunden lang in Eis gekühlt gestanden haben, das hämolytische Komplement so stark gebunden, daß eine völlige Hemmung der Hämolyse

stattfand; das bakterizide Komplement ist dagegen in Röhrchen 1 gar nicht, in Röhrchen 2 vielleicht in geringem Maße gebunden worden.

In jedem Falle ist die Trennung des hämolytischen von dem bakteriziden Komplement in Röhrchen 1 völlig, in Röhrchen 2 annähernd gelungen. Dementsprechend ergab die Untersuchung des Bodensatzes derselben Röhrchen, daß die darin enthaltenen Cholerabazillen bei niedriger Temperatur zwar den Ambozeptor, aber nicht das zu demselben passende bakterizide Komplement gebunden hatten: ohne Zusatz von neuem Komplement waren die Vibrionen nach einstündigem Stehen bei 37° noch völlig erhalten, während bei Zusatz von Komplement vollständige Granulabildung eintrat. Natürlich fehlte auch bei den übrigen Röhrchen, die kein Choleraserum enthielten, die Granulabildung an den im Bodensatz befindlichen Bazillen, sobald diese ohne Komplementzusatz bei 37° gehalten wurden; bei Zusatz von Komplement fand hier nur teilweise Umwandlung in Granula statt, da es sich eben um nicht ambozeptorbeladene Vibrionen handelt.

Gegen den Schluß, daß in den Röhrchen 1 und 2 das hämolytische Komplement gebunden, das bakterizide dagegen frei geblieben sei, könnte noch ein Einwand erhoben werden. Man könnte annehmen, daß zur Hämolyse mehr Komplement nötig sei, als zur Umwandlung der Vibrionen in Granula, und daß das scheinbare Fehlen des hämolytischen bei Gegenwart des bakteriziden Komplements im Abguß durch diese quantitativen Verhältnisse zu erklären sei. Gegen eine solche Vermutung spricht allerdings schon die Untersuchung des Bodensatzes, aus der ja hervorgeht, daß die Cholerabazillen das bakterizide Komplement nicht verankert haben.

Ein Kontrollversuch ergab, daß in Wirklichkeit umgekehrt zur Vibriolyse erheblich mehr Komplement erforderlich war, als zur Hämolyse. Der Versuch wurde gleichzeitig mit dem obigen mit demselben Meerschweinchenkomplement angestellt, die sensibilisierten Blutkörperchen und Vibrionen wurden aus den gleichen Röhrchen, wie zu dem vorigen Versuch entnommen. Die Beurteilung der Hämolyse und Vibriolyse erfolgte natürlich ganz in derselben Weise, wie oben. Das Resultat war folgendes:

Kontroll-Versuch 2b.

Komplementmenge	1,0 der 5% Aufschwemmung von sensibil. Blutkörperchen	$^1/_{10}$ Öse sensibil. Vibrionen in 1,0 Kochsalzlösung
0,2	komplette Lösung	Granula
0,1	"	"
0,05	"	Granula u. Vibrionen
0,01	starke Lösung	Vibrionen

Hiernach bedurften die sensibilisierten Vibrionen mehr Komplement zur Auflösung als die sensibilisierten Erythrocyten; wir wollen sogleich hinzufügen, daß auch einige spätere Versuche stets ein entsprechendes Verhältnis zeigten. Es handelt sich also in den beiden vorhergehenden Versuchen zweifellos um isolierte Bindung eines Komplements bei Freibleiben eines anderen.

Wir haben nun gleichzeitig noch einen dritten Versuch mit demselben Komplement und denselben sensibilisierten Vibrionen bezw. Blutkörperchen angestellt, nämlich einen vollkommenen Parallelversuch zu Versuch 2a, nur daß die Röhrchen anstatt bei 0° bei 37°, und zwar 1 $^1/_2$ Stunden lang gehalten wurden; alsdann wurde abzentrifugiert und Abguß und Bodensatz in der gleichen Weise verarbeitet.

Versuch 2c.

1½ Stunden bei 37°, dann zentrifugiert	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit		Je eine Hälfte des Bodensatzes 1 St. bei 37°	
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Vibrionen	a) in Kochsalzlösung	b) mit 0,1 Kompl.
1. 0,06 sp. Chol.-S. + ²/₅ Öse Chol. + 0,2 Kompl.	0	Vibrionen	Granula	Granula
2. 0,02 „ „ „	0	„	„	„
3. 0,06 Kontroll-S. „ „	0	Vibr. u. Granula	Vibr. einz. Granula	Granula, einz. Vibrionen
4. 0,02 „ „ „	0	Gran., mäßig viel Vibr.	„	„
5. 0,06 sp. Chol.-S. — „	starke Lösung	Gran., einz. Vibr.	—	—
6. — — „	komplett	Granula	—	—
7. — „ „	schwache Lösung	Gran., mäßig viel Vibr.	(nicht untersucht)	

Dieser Versuch zeigt, daß das Ergebnis der Komplementbindung ein völlig anderes wird, sobald der Prozeß bei 37° vor sich geht; in den Röhrchen 1 und 2 war jetzt nicht nur das hämolytische, sondern auch das bakterizide Komplement gebunden: das letztere war aus dem Abguß verschwunden und im Bodensatz nachweisbar, indem die abzentrifugierten Vibrionen sich ohne Zusatz von Komplement vollständig in Granula umwandelten, sobald sie eine Stunde lang in der Wärme gehalten wurden.

Ferner zeigte sich, daß bei 37° bereits die Kultur allein in der angewandten Menge von ²/₅ Öse (Röhrchen 7) eine starke, zusammen mit normalem Kaninchenserum (Röhrchen 3 und 4) sogar eine vollständige Hemmung der Hämolyse bewirkte, auch das spezifische Serum allein wirkte noch deutlich ablenkend. Von dieser (nicht spezifischen) Komplementbindung scheint das hämolytische Komplement in etwas stärkerem Maße als das bakterizide betroffen zu sein; sonst hätte z. B. in den Röhrchen 3 und 4, wo gar keine Hämolyse eintrat, die Granulabildung, die mehr Komplement erfordert, erst recht völlig ausbleiben müssen.

Ein weiterer Versuch, den wir nicht ausführlich wiedergeben wollen, hatte das gleiche Ergebnis; wieder wurde bei 0° das hämolytische, aber nicht das bakterizide Komplement gebunden, während bei 37° beide Komplemente fixiert wurden; eine quantitative Bestimmung ergab wiederum, daß bei Benutzung derselben präparierten Blutkörperchen bezw. Vibrionen zur Auflösung der ersteren eine weit geringere Komplementmenge erforderlich war, als zur Umwandlung der letzteren in Granula.

Wenn unter den von uns gewählten Versuchsbedingungen bei 0° nur das hämolytische Komplement, bei 37° dagegen sowohl das hämolytische als das bakterizide Komplement gebunden wurde, so nehmen wir an, daß die Komplementbindung im ersten Falle ausschließlich durch den „Bordetschen Antikörper," im letzteren Falle dagegen gleichzeitig auch durch die bakteriolytischen Choleraambozeptoren erfolgt.

Weshalb nun aber bei 0° durch den „komplementablenkenden" Antikörper gerade das **hämolytische** Komplement abgelenkt worden ist, vermögen wir zunächst

nicht zu erklären. Vermutungen hierüber können umso weniger ausgesprochen werden, als es an entsprechenden Experimenten bei anderen Kombinationen noch völlig fehlt. Bei Versuchen über Komplementablenkung wird ja immer nur das hämolytische Komplement berücksichtigt, es ist noch nicht untersucht worden, ob z. B. bei der Reaktion zwischen Serum und präzipitierendem Antiserum außer dem hämolytischen auch stets bakterizides Komplement gebunden wird, und wie das Ergebnis desselben Versuches sich bei 0° gestaltet. Wir wissen daher nicht, ob bei 0° die isolierte Ablenkung eines Komplements ein regelmäßiges Vorkommnis ist. Möglicherweise handelt es sich dabei überhaupt nur um zeitliche Differenzen in der Bindung der verschiedenen Komplemente, sodaß etwa bei einer Versuchsdauer von 24 Stunden das Resultat ein anderes sein könnte. Für den von uns zunächst verfolgten Zweck genügt jedoch die Feststellung, daß sich unter bestimmten Versuchsbedingungen eine isolierte Bindung des hämolytischen Komplements erreichen läßt.

In jedem Falle geht aus unseren Versuchen hervor, daß die bakteriolytischen Choleraambozeptoren, ebenso wie es nach Ehrlich und Morgenroth bei den hämolytischen Ambozeptoren der Fall ist, bei 0° zwar an die zugehörigen Rezeptoren der Bakterienzelle verankert werden, daß aber die Vereinigung zwischen Ambozeptor und Komplement wenigstens innerhalb der Versuchsdauer ausbleibt. Denn dieser Ambozeptor müßte doch zunächst das eigene, nämlich das bakterizide Komplement an sich reißen. Diese Annahme erscheint beinahe selbstverständlich; das Gegenteil, daß etwa zunächst ein fremdes („nicht dominantes") Komplement gebunden würde, ist wenigstens für Immunambozeptoren bisher nicht beschrieben worden, und für die bakteriolytischen Choleraambozeptoren konnten wir direkt nachweisen, daß sie zunächst und wahrscheinlich sogar ausschließlich ihr eigenes, nämlich das (für Choleravibrionen) bakterizide Komplement, nicht aber das hämolytische Komplement verankern[1]). Dies geht aus dem nachfolgenden Versuche hervor, in welchem das umgekehrte Ergebnis wie in den Versuchen 1 und 2a eintrat, nämlich eine überwiegende Bindung des bakteriziden und Freibleiben des hämolytischen Komplements.

Wir benutzten zu diesem Versuche das Serum eines einmal intravenös mit $^1/_4$ Öse abgetöteter Cholerabazillen vorbehandelten Kaninchens 32, das, wie bereits von Händel (2) mitgeteilt wurde, sehr stark bakterizid, aber nur wenig stärker komplementablenkend wirkte, als manche Normalsera. Von einem solchen Serum durften wir erwarten, daß es hauptsächlich die Bindung des bakteriziden, aber nur in geringem Grade die des hämolytischen Komplements bewirken würde. Da diese Komplementbindung durch die spezifischen Choleraambozeptoren erfolgt, so wurde der Versuch bei 37° angestellt.

---

[1]) Ein solches Verhalten entspricht wohl am besten den Vorstellungen, die ursprünglich mit dem Begriff des Ambozeptors verbunden wurden. Vermutlich würde eine erneute Untersuchung derjenigen Fälle, welche auf die Bindung eines „nicht dominanten" Komplements durch einen Ambozeptor bezogen wurden, ergeben, daß dieselben sich auch anders deuten lassen, nämlich entweder durch ein Dazwischentreten des Bordet-Gengouschen Phänomens oder durch die in neuerer Zeit immer häufiger beobachtete Komplementabsorbtion infolge nicht spezifischer Einflüsse.

Versuch 3.

mit Choleraserum von Kaninchen 32, Titer im Pfeifferschen Versuch 1 : 25000; im Komplementablenkungsversuch stets nur sehr geringe Wirkung.

1 Stde. bei 37°, dann zentrifugiert	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit		Je eine Hälfte des Bodensatzes	
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Vibr.	a) in Kochsalzlösung	b) mit 0,1 Kompl.
1. 0,06 spez. Ser + 1/2 Öse Cholera + 0,2 Kompl.	0	Vibr.	Granula	Granula
2. 0,03 „ „ „	stark	„	„	„
3. 0,01 „ „ „	kompl.	„	„	„
4. 0,06 Kontroll-Serum „ „	„	Vibr. u. Gran.	Vibrionen	Granula einige Vibr.
5. 0,03 „ „ „	„	Gran., mäßig viel Vibr.	„	„
6. 0,01 „ „ „	„	„	„	„
7. 0,06 spez. Serum — „	„	Gran., einzelne Vibr.	—	—
8. — „ „	„	„	Vibrionen	Granula einz. Vibr.

Das Ergebnis des Versuches entsprach unserer Erwartung: bis mindestens zu der Dosis von 0,01 herab (die untere Grenze wurde nicht festgestellt) hatten die mit dem stark ambozeptorhaltigen Serum versetzten Vibrionen ihr eigenes Komplement gebunden, dasselbe fehlte daher im Abguß völlig, während die im Bodensatz befindlichen Bazillen sich ohne Zusatz von weiterem Komplement in Granula umwandelten; demgegenüber war die Bindung des hämolytischen Komplements verhältnismäßig gering, und in dem Röhrchen mit 0,01 Serum überhaupt nicht mehr festzustellen.

Auch in den mit Normalserum versetzten Röhrchen zeigte sich, wie es öfters der Fall war, eine gewisse, wenn auch nicht erhebliche Bindung von Komplement.

Wie aus der letzten Spalte ersichtlich ist, wirkte in diesem Falle das frische Meerschweinchenserum so stark bakterizid, daß auch nicht sensibilisierte Vibrionen stark, wenn auch nicht vollständig in Granlua umgewandelt wurden.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die starke Bindung des bakteriziden Komplements in diesem Versuche in der Hauptsache durch die bakteriolytischen Ambozeptoren des Immunserums, an denen dieses Serum ja besonders reich war, und nicht durch den Bordetschen Antikörper erfolgt ist. Die bakteriolytischen Choleraambozeptoren binden hiernach zunächst, vermutlich sogar ausschließlich das zugehörige Komplement.

Wir haben nun weiterhin einen Versuch angestellt, in dem wir die isolierte Wirkung des Bordetschen Antikörpers, ohne Dazwischentreten der bakteriolytischen Ambozeptoren, verfolgen konnten, und zwar nicht, wie in den Versuchen 1 und 2 bei 0° sondern bei 37°. Die Möglichkeit dazu bot uns ein ebenfalls bereits von Händel beschriebenes Serum, das durch Vorbehandlung eines Kaninchens mit dem Wasservibrio 6 (von Dr. Ruffer-Alexandrien isoliert) gewonnen war. Dasselbe wirkte, mit Choleravibrionen zusammengebracht, ziemlich stark komplementablenkend, enthielt aber

gar keine bakteriolytischen Ambozeptoren für Cholera (dagegen solche für den eigenen Stamm). Die mit diesem Serum erhaltene Ablenkung des Komplements, sowohl des hämolytischen, wie des bakteriziden, muß also ausschließlich auf die Wirkung des Bordetschen Antikörpers bezogen werden. Aus den ersten beiden Versuchen hatten wir geschlossen, daß dieser Antikörper bei 0° zunächst nur das hämolytische Komplement bindet und es war nun die Frage, wie das Ergebnis bei 37° sein würde. Von vornherein liegt ja kein Grund vor, bei diesem Antikörper eine überwiegende oder ausschließliche Avidität zu einem bestimmten Komplement vorauszusetzen.

Das zu dem Versuch benutzte Vibrio 6-Serum enthielt neben dem ablenkenden Antikörper bakteriolytische Ambozeptoren gegen den Vibrio 6, die sich aufs deutlichste sowohl durch Granulabildung im Reagenglase wie im Meerschweinchenperitoneum nachweisen ließen. Obgleich nicht anzunehmen war, daß diese Ambozeptoren in unserem Versuch, der ja mit Cholerabazillen angestellt wurde, in Wirksamkeit treten würden[1]), so haben wir diese Möglichkeit dennoch berücksichtigt, indem wir den Abguß der Röhrchen nicht nur mit sensibilisierten Cholerabazillen, sondern auch mit Vibrio 6, der ebenfalls durch sein eigenes Antiserum vorher sensibilisiert wurde, versetzten; es wäre ja denkbar gewesen, daß das Komplement für die beiden Vibrionenarten sich verschieden verhalten hätte. Zu diesem Zweck wurde der ganze Versuch doppelt angesetzt; die restierende Hälfte des Abgusses der zweiten Versuchsreihe versetzten wir schließlich mit je $^1/_{10}$ Öse nicht sensibilisierter Cholerabazillen.

Versuch 4a.

$1^1/_4$ Stunde bei 37°, dann zentrifugiert. Jedes Röhrchen doppelt angesetzt	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit:			
	a) sensib. Blutk.	b) sensib. Chol.-Baz.	c) sensib. Vibrio 6	d) nicht sensib. Chol.-Baz.
1. 0,06 Vibr. 6 Serum + $^2/_7$ Öse Chol. + 0,2 Kompl.	0	Vibrionen	Vibrionen	Vibrionen
2. 0,03 „ „ „	0	„	„	„
3. 0,01 „ „ „	Spürchen	„	„	„
4. 0,06 Normalserum „ „	Spur	Vibr., spärl. Gran.	Vibr., spärl. Granula	„
5. 0,03 „ „ „	stark	Granula, vereinz. Vibr.	Gran., mäßig viel Vibr.	„
6. 0,01 „ „ „	„	„	„	„
7. 0,06 Vibr. 6-Serum — „	fast komplett	Granula	Granula, einz. Vibr.	„
8. — „ „	komplett	„	„	„
9. — — „	„	„	Granula	„

Bei Untersuchung des Bodensatzes zeigte sich, daß derselbe, ohne weiteren Zusatz in Kochsalzlösung 1 Stunde bei 37° gehalten, überall gut erhaltene Vibrionen aufwies. Bei Zusatz von 0,1 Komplement ergab sich in allen Röhrchen Granulabildung.

Der Bodensatz dieser Röhrchen zeigt insofern eigenartige Verhältnisse, als die darin enthaltenen Cholerabazillen das bakterizide Komplement gebunden haben, jedoch nicht durch Vermittlung des bakteriolytischen Ambozeptors, sondern des Bordetschen

[1]) Eine Versuchsreihe ergab, wie zu erwarten war, daß die (für Vibrio 6) lytischen Ambozeptoren dieses Serums von Choleravibrionen nicht in nennenswertem Grade gebunden wurden.

Antistoffes. In einem solchen Falle ist das Komplement auf die Bakterien ohne Wirkung. Wir kommen auf dieses Ergebnis, daß durch andere Versuche bestätigt wurde, noch zurück.

Bei dem Kontrollversuch mit dem in dem obigen Versuch benutzten Komplement wurde in diesem Falle auch die Wirkung auf nicht sensibilisierte Cholerabazillen untersucht; eine entsprechende Versuchsreihe mit Vibrio 6 wurde nicht gemacht, aus Versuch 4a darf man wohl schließen, daß der sensibilisierte Wasservibrio eher etwas mehr Komplement zur Umwandlung in Granula bedurfte, als die sensibilisierten Cholerabazillen.

Versuch 4b.

Vergleichende Bestimmung der zur Hämolyse u. Vibriolyse erforderlichen Komplementmenge.

Komplementmenge	Mit 1,0 sensib Blutk.	Mit $^{1}/_{10}$ Öse sensib. Cholerabazillen	Mit $^{1}/_{10}$ Öse nicht sensib. Cholerabazillen
0,1	komplett	Granula	Granula u. zieml. reichl. Vibrionen
0,03	„	„	Vibrionen, mäßig Granula
0,01	fast komplett	Etwa gleichviel Granula u. Vibrionen	Vibrionen
0,003	schwach	Vibrionen, vereinz. Gran.	„
0,001	kleine Spur	Vibrionen	„

Das Serum, welches für Cholerabazillen nur Bordetschen Antikörper, aber keine lytischen Ambozeptoren enthält, hat also bei 37° nicht nur das hämolytische, sondern anscheinend in demselben Grade auch das bakterizide Komplement, sowohl für Cholera als für Vibrio 6, abgelenkt.

Daneben tritt in dem Versuch auch eine, wenn auch nicht beträchtliche Ablenkung in den nicht mit spezifischem Serum versetzten Röhrchen zutage, obwohl wir mit der Dosis der Cholerabazillen dieses Mal von $^{2}/_{5}$ auf $^{2}/_{7}$ Öse heruntergegangen waren. Ferner zeigt die letzte Kolumne, daß während der Versuchsdauer in allen Röhrchen, auch in dem Röhrchen 9, welches nur mit Kochsalzlösung verdünntes Komplement enthielt, dieses soweit abgeschwächt war, daß es die nicht sensibilisierten Vibrionen nicht mehr aufzulösen vermochte, während der Kontrollversuch 4 b eine starke, wenn auch nicht vollständige Granulabildung bei nicht sensibilisierten Vibrionen ergeben hatte. Auch bei anderen Versuchen haben wir öfter die Erfahrung bestätigt, daß beim Aufbewahren des mit Kochsalzlösung verdünnten Komplementes sowohl bei 37° wie auch bei 0° eine Abschwächung eintreten kann.

Die Ergebnisse des letzten Versuches rechtfertigen wohl in noch höherem Maße als die der vorhergehenden unseren Vorschlag, den komplementablenkenden Antikörper völlig von den bakteriziden Ambozeptoren abzusondern.

Gewiß läßt sich die Annahme, daß die ablenkenden Antikörper Ambozeptoren sind, oder wie sich manche Autoren vorsichtiger ausdrücken, daß sie „ambozeptorartigen Charakter« besitzen, in den meisten Fällen nicht direkt widerlegen.

So könnte man einige unserer Versuchsergebnisse vielleicht mit der, allerdings recht gezwungenen Hypothese erklären wollen, daß dabei die Ablenkung doch stets durch bakterizide Choleraambozeptoren erfolge, daß es aber unter diesen solche gäbe, die eine starke, und andere, die eine sehr geringe Verwandtschaft zu dem hämolytischen Komplement hätten. Man müßte dann freilich die weitere, schon sehr unwahr-

scheinliche Hypothese aufstellen, daß es sogar bakterizide Choleraambozeptoren gibt, die bei 0° überhaupt nur noch das hämolytische, aber nicht ihr eigenes Komplement binden.

Der letzte Versuch lehrt, daß man auch mit dieser Annahme nicht auskommt, Hier haben wir in dem Vibrio 6-Kaninchenserum einen Antikörper vor uns, der sich wenn wir ihm einen Ambozeptorcharakter beilegen wollen, bei 37° einerseits mit dem Cholerabazillus, anderseits mit dem für die Auflösung desselben geeigneten bakteriziden Komplement verbindet. Trotzdem ruft er keine Bakteriolyse hervor; dies geht schon aus dem an dem Bodensatz der betreffenden Röhrchen in Versuch 4 erhobenen Befunde hervor. Wir haben uns jedoch bei der Wichtigkeit, die wir diesem Punkte beimessen, in weiteren Versuchen vielfach davon überzeugt, daß dieses Vibrio 6-Serum mit Meerschweinchenkomplement zusammen weder im Reagensglase noch in der Bauchhöhle des Tieres irgend einen Einfluß auf Cholerabazillen hat, während ein solcher auf die eigenen Vibrionen in beiden Fällen sehr stark hervortritt. Ebenso ist die stark komplementablenkende Wirkung desselben Serums durch weitere Versuche bestätigt worden.

Nach der ursprünglichen Auffassung des Ambozeptors, wie sie sich aus den grundlegenden Entdeckungen über die Bakteriolyse und Hämolyse ergibt, verstehen wir darunter einen mit zwei bindenden Gruppen versehenen Körper, der sich einerseits an die Zelle verankert, andrerseits Komplement an sich reißt und somit die Funktion erfüllt, die Wirkung des Komplements auf die Zelle zu vermitteln. Nun hat man die weitere Hypothese aufgestellt, daß der Ambozeptor, der dann richtiger als »Polyzeptor“ bezeichnet wird, in vielen Fällen auch ein fremdes, zur Auflösung der betreffenden Zelle nicht geeignetes Komplement an sich zu ziehen vermag. Diese Hilfshypothese (deren Notwendigkeit wir hier nicht diskutieren wollen, wenngleich wir eine erneute Prüfung derselben, wie oben erwähnt, für angezeigt halten würden) steht mit dem Wesen des Ambozeptors in keinem Widerspruch. Wenn wir aber, wie in unserem letzten Versuche, einen Antikörper finden, der sich an Cholerabazillen verankert und dann das zur Auflösung derselben passende Komplement an sich reißt, ohne jedoch eine Auflösung der Vibrionen bewirken zu können, so darf man sich wohl dahin aussprechen, daß einem solchen Antikörper gerade die wesentlichste Eigenschaft eines Ambozeptors abgeht.

Ebensowenig läßt sich ein solches Verhalten mit dem Charakter einer „substance sensibilisatrice“ im Sinne Bordets in Einklang bringen, denn die Funktion derselben besteht ja darin, daß sie die Zelle für die Wirkung des Komplements zugänglich macht. In dem in Rede stehenden Falle wird aber das Komplement gerade an einer Stelle fixiert, wo es nicht zur Wirkung kommt, es ist daher der Ausdruck „Ablenkung“ des Komplements (déviation du complément) ein sehr treffender, während es sich bei den typischen Beispielen der Ambozeptorwirkung oder „Sensibilisierung“ umgekehrt um eine „Zuführung“ des Komplements handelt.

Welche Vorstellung wir uns nun aber von dem komplementablenkenden Antikörper machen sollen, wenn wir Ursache haben, demselben keinen Amboceptorcharakter

zuzuschreiben, darüber können wir vorläufig noch keine definitive Meinung aussprechen. Es erscheint uns jedoch nicht ganz gerechtfertigt, wenn mehrfach die Ansicht vertreten worden ist, es könne nach der Ehrlichschen Theorie überhaupt keine andere, als eine Amboceptorwirkung in Frage kommen, und es müßte daher allen spezifisch ablenkenden Substanzen mindestens ein „amboceptorartiger Charakter“ beigelegt werden.

Es widerspricht unseres Erachtens der Ehrlichschen Theorie durchaus nicht, wenn wir finden, daß eine Reihe sehr heterogener Stoffe eine starke Komplementbindung bewirkt. Man ist erst in neuerer Zeit darauf aufmerksam geworden, wie häufig dieses Vorkommnis ist, und Uhlenhuth (8) hat auf die praktische Bedeutung desselben bei Benutzung der Komplementablenkungsmethode für forensische Zwecke nach dem Vorgange von Neißer und Sachs hingewiesen. Unter diesen komplementablenkenden Stoffen befinden sich viele, bei denen man kaum von einem Amboceptorcharakter sprechen kann.

Um nur einen davon hervorzuheben, möchten wir auf die gallensauren Salze hinweisen. Das von Conradi entdeckte Verfahren zur Züchtung der Typhusbazillen aus dem Blut, von dem der Autor selbst mit Recht hervorhebt, daß es sich dabei weniger um eine eigentliche „Anreicherung“ der Typhuskeime, als vielmehr um eine Paralysierung der bakteriziden Kräfte des Blutes handelt, beruht offenbar auf der energischen Bindung des Komplements durch diese Stoffe. Wir haben uns durch eigene Versuche, von denen wir an dieser Stelle nur einen anführen wollen, von der starken Bindung des hämolytischen sowohl wie des bakteriziden Komplements durch das taurocholsaure Natrium überzeugt.

Versuch 5.

Ablenkung des hämolytischen und des bakteriolytischen Komplements durch taurocholsaures Natrium.

Nach einstündigem Aufenthalt bei 37° wurden einer Reihe je 1,0 sensibilisiertes Hammelblut, einer zweiten je 0,1 sensibilisierte Cholera-Vibrionen zugesetzt.

Menge des gallensauren Salzes	Meerschweinchen-Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 2 Stunden	Ergebnis der Bakteriolyse nach 2 Stunden
0,02	0,1	0	Vibrionen
0,005	0,1	0	„
0,001	0,1	komplett	„
0,0005	0,1	„	Vibr. und Granula
0,02[1])	—	0	Vibrionen
—	0,1	komplett	Granula
—	—	0	Vibrionen

Wir würden es mit den Ehrlichschen Theorien für wohl vereinbar halten, einem derartigen Stoffe einen direkten Einfluß auf das Komplement zuzuschreiben. Die Annahme einer indirekten Wirkung scheint uns jedoch näher zu liegen.

[1]) Das taurocholsaure Natrium zeigt gegenüber den drei Blutarten: Hammel-, Rind- und Ziegenblut insofern ein paradoxes Verhalten, als bei stärkerer Konzentration die hämolytische Wirkung ausbleibt, bezw. verzögert eintritt. Wir kommen an anderer Stelle hierauf noch zurück.

Man kann nämlich auch annehmen, daß ein solcher Stoff zunächst eine Zustandsänderung der im Serum enthaltenen Kolloidstoffe bewirkt, wobei es häufig nicht zu einer sichtbaren Veränderung des Serums kommt; dieser Vorgang könnte nunmehr zur Komplementabsorbtion Veranlassung geben, sodaß diese dabei gewissermaßen eine sekundäre Erscheinung darstellen würde. Derartige kolloidale Reaktionen sind ja bereits öfters, so von Landsteiner und Stankovic (9) sowie von Seligmann (10) als Ursachen eines Komplementschwundes nachgewiesen und als Analogien für die spezifische Komplementablenkung herangezogen worden. Eine solche Auffassung hat das Bestechende, daß dadurch eine Anzahl anscheinend recht heterogener Erscheinungen (wie z. B. auch die seit langem bekannte Hemmung der Komplementwirkung durch starke Kochsalzlösung) einer einheitlichen Auffassung unterworfen werden könnten. Was die Komplementablenkung durch spezifische Antisera betrifft, so würden diese Anschauungen sich wieder in gewissem Grade den früher von Moreschi und Gay vertretenen nähern und für enge Beziehungen zwischen Präzipitation und Komplementablenkung sprechen, ohne daß wir jedoch den komplementablenkenden Antikörper für identisch mit dem Präzipitin halten werden.

Unsere Versuche führen zu den nachstehenden Schlußfolgerungen:

1. Die Annahme der Verschiedenheit des komplementablenkenden („Bordetschen") Antikörpers von den bakteriolytischen Ambozeptoren wurde bestätigt.

2. Während Bordet in seinen Versuchen über die Ablenkung des Komplements durch sensibilisierte Cholerabazillen einen Beweis für die Einheit des Komplements sah, hat die weitere Ausdehnung dieser Versuche im Gegenteil die Ehrlichsche Annahme der Vielheit der Komplemente bestätigt.

3. Bei unserer Versuchsanordnung zeigen die beiden Antikörper folgendes Verhalten zum Komplement: Der bakteriolytische Choleraambozeptor bindet in der Kälte (0^0-3^0) kein Komplement, bei 37^0 nur das zugehörige (bakterizide) aber nicht fremdes (hämolytisches) Komplement.

Der Bordetsche Cholera-Antikörper bindet in der Kälte (zunächst) nur das hämolytische, aber nicht das bakterizide Komplement, bei 37^0 dagegen beide Komplemente.

4. Unsere Versuche sprechen gegen die Annahme, daß der Bordetsche Antikörper Ambozeptorcharakter besitzt.

Groß-Lichterfelde, November 1907.

Nachtrag.

Als wir in Fortsetzung der obigen Versuche das Verhalten der Blutkörperchen zu Ambozeptor und Komplement bei niederer Temperatur untersuchten, erhielten wir das unerwartete Resultat, daß bei Blutkörperchen, die mit Komplement und einem reichlichen Überschuß an hämolytischem Ambozeptor einige Stunden bei 0^0 gehalten

werden, im Gegensatz zu dem Befunde von Ehrlich und Morgenroth eine Bindung des Komplements an den Ambozeptor und sogar eine beginnende Hämolyse eintreten kann. Wir haben solche Resultate auch dann erhalten, wenn wir uns durch genaue Messungen überzeugten, daß die Temperatur innerhalb der Röhrchen niemals 0° überschritt. Eine eingehende Mitteilung unserer Versuchsergebnisse wird in kurzem erfolgen. Es handelt sich also bei dem Ergebnis der klassischen Versuche von Ehrlich und Morgenroth nicht um ein so allgemeines Gesetz, wie es bisher allerseits angenommen worden ist. Selbstverständlich wird das Hauptresultat dieser Versuche, nämlich die zum ersten Male gelungene Trennung von Ambozeptor und Komplement dadurch nicht beeinträchtigt.

Nachdem von Ferrata die Zusammensetzung des Komplements aus zwei Teilstücken beschrieben worden war, lag es nahe zu untersuchen, wie sich die beiden Teilstücke zu einander und zu den Ambozeptoren bezw. zu den Bordetschen Antikörpern bei 0° verhielten. Diese Frage ist kürzlich von Hecker (Arb. aus dem Inst. für experim. Therap. Frankfurt 1907, Heft 3) gestreift worden. Uns ist es jedoch auch unter Benutzung der von Brand angegebenen Technik bisher nicht gelungen, eine deutliche Trennung von „Mittelstück" und „Endstück" zu erreichen, sondern das im Abguß des Dialysats enthaltene „Endstück" wirkte bei Benutzung des hämolytischen Systems (Kaninchenantihammelblutserum-Hammelblutkörperchen) stets allein annähernd ebenso stark lösend, wie das Gesamtdialysat.

Literatur.

1. Neufeld und Hüne, Untersuchungen über bakterizide Immunität und Phagocytose nebst Beiträgen zur Frage der Komplementablenkung. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 25, S. 192.

2. Händel, Beitrag zur Kenntnis der Komplementablenkung. Vortrag auf dem XIV. intern. Kongr. f. Hyg und Dem. Deutsche med. Wochenschr. 1907.

3. Moreschi, Berl. klin. Wochenschr. 1906, S. 1243

4. Derselbe, Berl. klin. Wochenschr. 1907, S. 1204.

5. Liefmann, Berl. klin. Wochenschr. 1906, S. 448.

6. Sachs, Über Hämolysine, Lubarsch-Ostertags Ergebnisse usw. 1906.

7. Muir und Martin, Journal of hygiene 1906.

8. Uhlenhuth, Deutsche med. Wochenschr. 1906, S. 1244.

9. Landsteiner und Stankovic, Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 42, S. 353.

10. Seligmann, Berl. klin. Wochenschr. 1907, Nr 32.

Über den Nachweis und die quantitative Bestimmung von Reisspelzen in Futtermitteln.

Von

Dr. Franz Schröder,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte.

I. Einleitung.

Die auf allen Gebieten der wirtschaftlichen und gewerblichen Tätigkeit sich geltend machende Notwendigkeit einer möglichst vollständigen und möglichst gewinnbringenden Ausnutzung aller Rohstoffe hat dahin geführt, daß industrielle Abfallstoffe sehr mannigfaltiger Natur, hauptsächlich solche der Müllerei, der Gärungsgewerbe, der Stärke-, Zucker- und Ölfabrikation in der Landwirtschaft als Futtermittel Verwendung finden. Der Handelsverkehr mit diesen Futtermitteln hat von Jahr zu Jahr an Bedeutung gewonnen, insbesondere hat auch die Menge der aus dem Auslande eingeführten Futtermittel eine stetige Vermehrung erfahren. Eine Übersicht über die in den letzten 10 Jahren aus dem Auslande eingeführten Mengen von Futtermitteln gibt die folgende Tabelle:

Tabelle 1.

Übersicht über die in den Jahren 1896 bis 1905 aus dem Auslande eingeführten Mengen von Futtermitteln[1]).

Jahr der Einfuhr	Kleie dz	Malzkeime Reisabfälle Kartoffelpülpe dz	Ölkuchen und Ölkuchenmehl dz	Futterbohnen dz	Futtergewächse dz
1896	6021590		3108858	—	540215
1897	5949524	641959	4199319	94311	593622
1898	4896714	744387	4795082	72240	551245
1899	6176840	701265	4806342	71788	828230
1900	7580470	712858	4996149	70598	1039381
1901	7684124	756703	5356309	43191	1116404
1902	6852489	745199	4873809	55323	938067
1903	9083188	888781	5027419	81730	684281
1904	9031220	1073742	5585580	62416	788624
1905	9828462	1365830	5831070	60995	751175

[1]) Die Zahlen stellen die Werte für den Spezialhandel dar und sind der Statistik des Deutschen Reiches entnommen.

Im Vergleich zu Grünfutter zeichnen sich die meisten im Handelsverkehr befindlichen Futtermittel durch einen höheren Gehalt an Nährstoffen aus. Schon der Umstand, daß die Transportkosten einen beträchtlichen Anteil an der Preisbildung für Handelsfuttermittel nehmen, macht die nährstoffreicheren Abfälle für den Großhandel geeigneter.

Von den Landwirten wird indessen in Fachzeitschriften schon seit längerer Zeit lebhaft Klage darüber geführt, daß stark minderwertige Industrieabfälle in zunehmendem Maße zum Verfälschen vollwertiger Futtermittel Verwendung finden oder unter Bezeichnungen, welche die wahre Beschaffenheit der Ware nicht erkennen lassen, in den Handel gebracht werden. Über die Erfahrungen, welche die landwirtschaftlichen Versuchsstationen des Deutschen Reiches bei der Untersuchung von Futtermitteln in den letzten Jahren gewonnen haben, wird im 31. Jahrgang des Archivs des Deutschen Landwirtschaftsrates Seite 150 bis 202 eingehend berichtet. An dieser Stelle wird z. B. mitgeteilt, daß in den Jahren 1897 bis 1905 von der agrikulturchemischen Kontrollstation Halle a. S. 11021 Futtermittelproben untersucht und davon 972 Proben (= 8,8 %) beanstandet wurden. Während des gleichen Zeitraumes mußten von der landwirtschaftlichen Versuchsstation Königsberg bei 7983 untersuchten Proben 868 Beanstandungen (= 10,8 %) ausgesprochen werden, und die agrikulturchemische Versuchsstation Köslin beanstandete von 1853 auf Reinheit und Unverdorbenheit untersuchten Futtermitteln 565 Proben (= 30,5 %). Von der landwirtschaftlichen Versuchsstation Möckern wurden in der gleichen Zeit 8506 Futtermittel mikroskopisch untersucht; davon erwiesen sich 969 Proben (= 11,4 %) als verfälscht, 387 Proben (= 4,5 %) als verdorben, während 1659 Proben (=19,5 %) nicht normal, d. h. nur in geringem Grad mit fremden Beimengen versetzt oder dumpfig waren. Soweit Angaben über die im Jahre 1905 erhaltenen Ergebnisse vorliegen, sind diese in nachfolgender Tabelle (S. 215) zusammengestellt.

Unter den zum Verfälschen von Futtermitteln verwendeten minderwertigen Stoffen spielen die Reisspelzen eine beträchtliche Rolle, welche als lästiges Nebenerzeugnis bei der Reismüllerei abfallen, und die nur schwierig nutzbringend verwertet werden können. Nach den Erfahrungen der Versuchsstationen werden Reisspelzen namentlich zur Verfälschung von Reisfuttermehl, von Kleie und von Melassefuttermitteln verwendet und je nach dem Feinheitsgrad des Futtermittels in mehr oder weniger zerkleinertem Zustande zugesetzt. Dadurch wird der Nährwert des Futtermittels in erheblichem Maße herabgedrückt, ohne daß die Verfälschung an der Ware unmittelbar erkennbar ist. Als Maßstab für die Güte eines Futtermittels ist nach O. Kellner der Stärkewert anzusehen, unter dem man den zahlenmäßigen Ausdruck für die Summe der verdaulichen und für das Tier nutzbringenden Nährstoffe versteht. Vergleicht man Reisspelzen mit den der Verfälschung besonders häufig unterliegenden Futtermitteln und legt hierbei die Stärkewerte zu Grunde, welche O. Kellner in seinem Lehrbuch: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere[1]) anführt, so ergibt sich, das Reisspelzen 27 mal geringwertiger als Reisfuttermehl, 18,8 mal geringwertiger als Roggen-

---

[1]) II. Auflage S. 568 und 571.

Tabelle 2.

Ergebnisse bei der Untersuchung von Futtermitteln im Jahre 1905.

Landwirtschaftliche Versuchsstation zu:	Anzahl der untersuchten Proben	Anzahl der Beanstandungen %
Danzig	1126	44
Posen	2896	29,9
Dahme	673	21
Kempen	4790	12,7
Speyer	136	23,5
Insterburg	212	0
Göttingen	—	67
Hildesheim	202	41,1
Marburg	939	7,18
Würzburg	163	10,4
Pommritz	1712	31,0
Augustenburg	235	5,1
Jena	297 (450)[1]	6,4 (9,6)[1]
Berlin (Versuchsanstalt des Verbandes Deutscher Müller)	79	26,6

kleie und 19,2 mal geringwertiger als feine Weizenkleie sind. Es besteht somit ein erhebliches Interesse, einen etwaigen Gehalt der Futtermittel an Reisspelzen feststellen zu können. In welcher Weise die Anwesenheit von Reisspelzen erkannt und ihre Menge bestimmt werden kann, bildet den Inhalt der nachfolgenden Ausführungen.

II. Untersuchung von Futtermitteln auf einen Gehalt an Reisspelzen.

a) Qualitativer Nachweis der Reisspelzen.

Gemahlene Reisspelzen sind in ihrem Aussehen nicht derartig gekennzeichnet, daß sie mit bloßem Auge in einem Gemisch mit Kleie unmittelbar wahrgenommen werden können. Dem Geübteren gelingt es mit Hülfe der Lupe Bruchstücke von Reisspelzen durch die ihnen eigentümliche Längs- und Querstreifung nachzuweisen, indessen können bei diesem Verfahren vorhandene Reisspelzen leicht übersehen werden und stattgehabte Verfälschungen somit unerkannt bleiben. Wesentlich zuverlässiger ist die Prüfung mittels des Mikroskops, die zum Nachweis von Reisspelzen allgemein angewandt wird und eine Erkennung der Reisspelzen auf Grund des anatomischen Baues ihres äußeren Oberhautzellgewebes leicht und sicher ermöglicht. In der Flächenansicht betrachtet, erscheinen die Oberhautzellen in Längsreihen angeordnet, und die einzelnen Zellen weisen überaus charakteristische fingerförmige Ausstülpungen und Einbuchtungen auf, von denen diejenigen der einen Zellreihe in die der benachbarten Zellreihen eingreifen. Die Epidermiszellen der Hafer- und Gerstenspelzen sowie die-

[1]) Die Zahlen beziehen sich auf die Proben, welche nur mit Hilfe des Mikroskopes geprüft wurden.



Reis,
Oberhautzellen der Spelze.

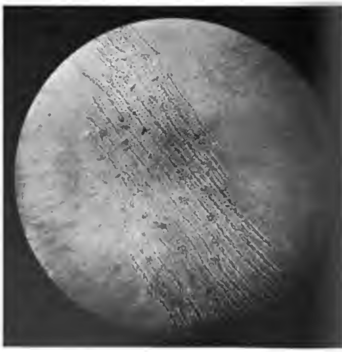


Gerste,
Oberhautzellen der Spelze.

Vergrößerung 1 : 150.



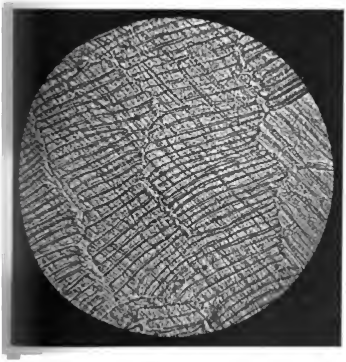
Mais,
Oberflächenzellen der Deckspelze.



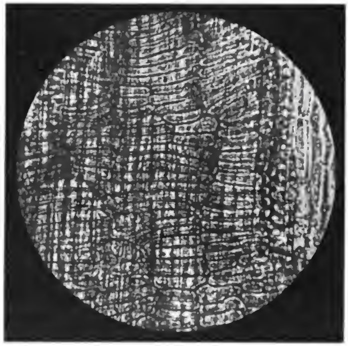
Hafer,
Oberhautzellen der Deckspelze.

Vergrößerung 1 : 150.

jenigen einiger Unkrautsamen wie Lolch (Lolium temulentum), Trespe (Bromus secalinus) Quecke (Triticum repens) und Hühnerfennich (Panicum crus galli) sind zwar den Oberhautzellen der Reisspelzen insofern ähnlich, als sie von wellenförmig verlaufenden Zellwänden begrenzt werden, indessen ist die Faltung der Zellwände niemals eine so tiefe wie bei den Reisspelzen, sodaß eine sichere Unterscheidung der letzteren von den obengenannten Spelzen keine Schwierigkeiten bietet. Zur Veranschaulichung der mikroskopischen Merkmale, die den Reisspelzen und einigen ähnlich gebauten Spelzenarten eigentümlich sind, sind (Seite 216 und 217) die Mikro-



Weizenkleie,
Querzellen.



Roggenkleie,
Querzellen.

Vergrößerung 1 : 150.

photogramme der Oberhautzellen der Reis-, Gersten-, Mais- und Haferspelzen wiedergegeben; zum Vergleich sind die entsprechenden Mikrophotogramme der Weizen- und Roggenkleie, die der Verfälschung durch Reisspelzen besonders häufig ausgesetzt sind, daneben gesetzt.

Für die mikroskopische Untersuchung werden die Futtermittel in der allgemein üblichen Weise vorbereitet; das Auffinden vorhandener Reisspelzen, welche durch die Vorbehandlung mit verdünnter Salpetersäure und Natronlauge wesentlich lichtdurchlässiger und leichter erkennbar werden, bietet alsdann keinerlei Schwierigkeiten. Damit auch kleinere Mengen von Reisspelzen, die in Futtermitteln enthalten sind, nicht übersehen werden, empfiehlt es sich, mehrere nicht zu kleine Präparate bei einer mäßig starken Vergrößerung (etwa 150fach) durchzumustern, wobei ein beweglicher Objekttisch gute Dienste leistet. Läßt man auf die Präparate eine verdünnte wässerige

Lösung von Rhodamin oder Methylviolett kurze Zeit einwirken, so tritt das mikroskopische Bild infolge der Färbung der Zellwände noch etwas deutlicher hervor; indessen ist diese Behandlung mit Farbstofflösungen entbehrlich, da sich auch an ungefärbten Reisspelzen die eigentümlichen Zellformen leicht und mit Sicherheit erkennen lassen. Von den mit Rhodamin- und Methylviolettlösung angefärbten Reisspelzen lassen sich auch Dauerpräparate in Glyzeringelatine herstellen.

Ist in dem der Prüfung unterliegenden Futtermittel die Anwesenheit von Reisspelzen mit Hilfe des Mikroskops nachgewiesen, und handelt es sich nicht bloß um ganz vereinzelt vorkommende Bruchstücke, die den Futterwert nicht beeinflussen und deshalb ohne Bedeutung sind, so ist qualitativ die Verfälschung des Futtermittels festgestellt, es sei denn, daß es sich um Reisfuttermehl handelt; in letzterem Falle ist das Vorhandensein von Reisspelzen nicht ohne weiteres als Fälschung aufzufassen. Die besseren Sorten des Reisfuttermehls bestehen im wesentlichen aus den bei der Verarbeitung des Roh-Reises abgesonderten Keimen, ferner aus der das eigentliche Reiskorn umhüllenden Samenschale, die als Silberhaut bezeichnet wird, und den beim Mahlvorgang vom Reiskorn abgeriebenen oberen Schichten des Nährgewebes. Zu diesen wertvollen Bestandteilen kommen noch in geringem Maße die Reisspelzen hinzu, deren gänzliches Fernhalten bei der technischen Verarbeitung des Roh-Reises nicht möglich ist. Die Güte eines Reisfuttermehles steht also im umgekehrten Verhältnis zu seinem Gehalt an Reisspelzen. Für die Beurteilung eines Reisfuttermehles ist es demnach von Wichtigkeit, die Menge der darin enthaltenen Reisspelzen zu kennen. Soll in einem anderen, mit Reisspelzen vermischten Futtermittel nicht nur die Verfälschung an sich, sondern auch der Grad der Verfälschung und die dadurch bedingte Wertminderung festgestellt werden, so hat dies gleichfalls durch eine quantitative Bestimmung der Reisspelzen zu geschehen.

Eingehende mikroskopische Studien über die Erkennung und Unterscheidung der in Nahrungs- und Futtermitteln vorkommenden Spelzen sind von J. Formanek[1]) veröffentlicht worden. Auf diese Abhandlung sowie auf die in den landwirtschaftlichen Versuchsstationen veröffentlichten Monographien der wichtigsten Futtermittel und das von C. Böhmer verfaßte Werk: Die Kraftfuttermittel[2]) seien diejenigen verwiesen, welche sich über den anatomischen Aufbau der verschiedenen Spelzenarten umfassender unterrichten wollen.

b) Quantitative Bestimmung der in einem Futtermittel enthaltenen Reisspelzen.

1. Auf mikroskopische Beobachtung gegründetes Verfahren.

Um die in einem Futtermittel vorhandenen Reisspelzen der Menge nach zu ermitteln, ist man bisher meist in der Weise verfahren, daß man mikroskopische Präparate des Futtermittels unter Zuhilfenahme eines beweglichen Objekttisches planmäßig unter dem Mikroskop durchmusterte und auf Grund eines Vergleiches mit Präpa-

[1]) Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1899. S. 833.

[2]) C. Böhmer, Die Kraftfuttermittel, ihre Rohstoffe, Herstellung, Zusammensetzung, Verdaulichkeit und Verwendung, mit besonderer Berücksichtigung der Verfälschungen und der mikroskopischen Untersuchung. Berlin, P. Parey, 1903.

raten von bekanntem Gehalt eine Schätzung der Spelzenmenge vornahm. Dieses Verfahren zeichnet sich zwar durch Einfachheit und schnelle Ausführbarkeit aus, kann jedoch nur sehr schätzungsweise und angenäherte Ergebnisse liefern und somit nicht als eine eigentliche quantitative Methode bezeichnet werden. Die Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse hängt zudem von dem Grade der besonderen Erfahrung und Übung des Untersuchenden in hohem Maße ab, und die Schwierigkeit des Abschätzens der Menge der Reisspelzen wird noch dadurch erhöht, daß die einzelnen Bruchstücke von sehr verschiedener Größe sind.

Soll die Menge der in einem Futtermittel enthaltenen Reisspelzen möglichst genau ermittelt werden, so kann nur ein chemisches quantitatives Verfahren in Betracht kommen. Als solches hat sich das folgende bewährt.

2. Auf chemischer Grundlage beruhendes Verfahren.

Vergleicht man die chemische Zusammensetzung der Reisspelzen mit derjenigen der gebräuchlichen Handelsfuttermittel, so zeigt sich ganz allgemein, daß die Gehalte an Fett und Eiweiß, die den Wert eines Futtermittels bedingen, bei Reisspelzen ganz besonders niedrig sind, während um so größere Mengen von Rohfaser, Asche und Kieselsäure darin vorkommen. In der nachfolgenden Tabelle ist die chemische Zusammensetzung, welche die Trockensubstanz und die Asche der Reisspelzen und einiger Futtermittel aufweisen, verzeichnet·

Tabelle 4. Chemische Zusammensetzung der Trockensubstanz und Asche einiger Futtermittel[1]).

Gehalt an:		Weizenkleie	Roggenkleie	Haferkleie	Gerstenkleie bezw. Gerstenhülsen	Maisschalenkleie	Reisfuttermehl (mittlere Sorte)	Reisschalen
Wasser		11,76	10,90	11,0	12,3	13,50	10,30	10,20
Eiweiß	bezogen auf Trockensubstanz	16,81	17,94	9,44	11,73	11,74	13,71	4,97
Fett		3,99	3,72	3,82	3,87	5,49	13,38	2,41
Stickstofffreie Extraktstoffe (Stärke u. andere Kohlenhydrate)		62,85	68,56	53,15	57,63	67,95	53,29	39,30
Rohfaser		9,20	4,80	24,27	18,68	12,02	9,59	38,92
Asche		5,50	8,22	8,31	5,63		5,23	17,40
Kali	bezogen auf Asche	27,88	27,00	6,31	16,81		11,47	1,60
Natron		0,59	1,34	4,12	1,40		—	1,58
Kalk		2,97	3,47	5,55	3,71		2,59	1,01
Magnesia		16,95	15,82	2,06	6,27		17,52	1,96
Eisenoxyd		0,68	2,50	1,46	1,69		7,63	0,54
Phosphorsäure		50,58	47,48	1,86	18,45		43,64	1,86
Schwefelsäure		0,25	—	4,86	1,92		0,22	0,92
Kieselsäure		0,89	1,99	70,74	48,73		16,93	89,71
Chlor		—	—	1,16	1,25		—	—

[1]) Die Zahlen sind aus J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. IV. Auflage, Bd. II, diejenigen für die Zusammensetzung der Reinasche von Haferkleie aus dem Werk: Die Futtermittel des Handels, herausgegeben durch den Verband landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche, 1906, Seite 994 entnommen.

Die größten Verschiedenheiten in der Zusammensetzung zwischen Reisspelzen und den übrigen Stoffen bestehen demnach in dem Kieselsäuregehalt der Asche. Die Bestimmung dieses Wertes muß also zur quantitativen Ermittelung der in einem Futtermittel enthaltenen Menge von Reisspelzen vorzugsweise geeignet sein, da schon sehr geringe Zusätze von Reisspelzen den Kieselsäuregehalt der Asche des Futtermittels merklich zu erhöhen vermögen. Nimmt man z. B. an, daß in einer mit Reisspelzen vermischten Weizenkleie die Menge des Fälschungsmittels durch eine Kieselsäurebestimmung ermittelt werden soll, so liefern die vorhandenen Reisspelzen beim Veraschen zunächst etwa 3 mal mehr Asche als die gleiche Menge Weizenkleie. Die Asche der Reisspelzen ist außerdem ungefähr 100 mal reicher an Kieselsäure als diejenige der Weizenkleie. Demnach ist die aus einem Gewichtsteil Reisspelzen stammende Kieselsäuremenge etwa 300 mal größer als die in dem gleichen Gewicht Weizenkleie enthaltene Menge von Kieselsäure. Dieser zwiefache Einfluß, der einerseits durch den größeren Aschengehalt der Reisspelzen, andererseits durch den größeren Kieselsäuregehalt der Asche ausgeübt wird, ist für die Bestimmung kleiner Mengen von Reisspelzen von besonderem Vorteil und für die Berechnung der Menge des Fälschungsmittels maßgebend.

In welcher Weise sich die Werte für Rohfaser, Asche und Kieselsäure beim Vermischen einer reinen Weizenkleie mit bestimmten Mengen Reisspelzen ändern, zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 5.

Übersicht über die Gehalte einiger Mischungen von Weizenkleie und Reisspelzen an Rohfaser, Asche und Kieselsäure.

Gehalt der Weizenkleie an Reisspelzen %	Gehalt an Rohfaser, bezogen auf Trockensubstanz %	Gehalt an Asche, bezogen auf Trockensubstanz %	Gehalt an Kieselsäure bezogen auf Asche %	Gehalt an Kieselsäure bezogen auf Trockensubstanz ‰
0	9,20	5,50	0,89	0,49
5	10,69	6,10	13,57	8,28
10	12,17	6,69	23,99	16,8
25	16,63	8,48	46,48	39,5
50	24,06	11,45	68,38	78,3
100	38,92	17,40	89,71	156,1

Während ein Zusatz von 5% Reisspelzen die Werte für Rohfaser und Asche nur um 1,49% und 0,60% ändert, steigt der Kieselsäuregehalt um 12,68% und 7,79‰, je nachdem man diesen auf Asche oder Trockensubstanz bezieht.

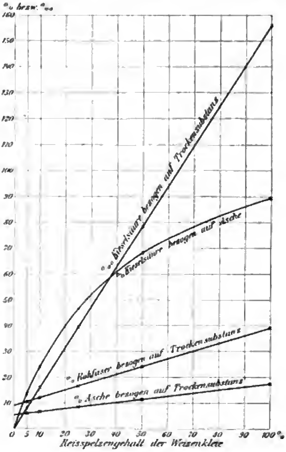
Besonders übersichtlich werden diese Beziehungen zwischen Fälschungsmittel und Änderung der chemischen Zusammensetzung bei Weizenkleie, wenn man, wie dies in der nachstehenden Tabelle (Seite 221) geschehen ist, die obigen Werte für Reisspelzen, Rohfaser, Asche und Kieselsäure in ein Koordinatensystem einträgt; aus den

erhaltenen Kurven ist ersichtlich, daß zur quantitativen Bestimmung von Reisspelzen in Futtermitteln die Ermittelung des Kieselsäuregehalts besonders geeignet ist.

3. Beschreibung des chemischen Verfahrens zur Bestimmung der Reisspelzen.

Soll durch eine Kieselsäurebestimmung die Menge der in einem Futtermittel enthaltenen und durch das Mikroskop bereits qualitativ nachgewiesenen Reisspelzen ermittelt werden, so ist auf die sandigen und erdigen Bestandteile, welche regelmäßig in den Industrieabfällen enthalten sind, Rücksicht zu nehmen. Damit nur die am chemischen Aufbau der Abfallstoffe teilnehmende Kieselsäure und nicht auch die mechanisch beigemengte zur Wägung kommt, verfährt man zweckmäßig in folgender Weise:

Graphische Darstellung des steigenden Gehaltes an Rohfaser, Asche und Kieselsäure mit fortschreitender Verfälschung von Weizenkleie durch Reisspelzen.



Von dem zu prüfenden Futtermittel wird eine Menge, welche 20 g Trockensubstanz entspricht, in einer Platinschale abgewogen und vorsichtig verascht. Nachdem ein stärkeres Glimmen der verkohlenden Masse eingetreten ist, entfernt man den Brenner und bringt ihn erst dann wieder unter die Platinschale, wenn die freiwillige Verbrennung nur noch langsam fortschreitet und der Unterstützung bedarf; während der Veraschung rührt man die Masse von Zeit zu Zeit mit einem Platinspatel durch. Die Anwendung höherer Glühtemperaturen bei der Veraschung ist unbedingt zu vermeiden, da sonst die Alkalisalze zum Schmelzen kommen und die noch vorhandenen Kohleteilchen umhüllen, wodurch deren Verbrennung verhindert wird. Ferner ist zu beachten, daß bei höheren Temperaturen bekanntlich aus den Phosphaten der Asche durch glühende Kohle leicht elementarer Phosphor gebildet werden kann, welcher sich mit dem Platin verbindet und die Schale brüchig und unbrauchbar macht. Dieser Umstand ist hier von besonderer Bedeutung, da die Asche der meisten Futtermittel reich an Phosphaten ist. Das Einäschern der Proben bietet sonst keine besonderen Schwierigkeiten, auch braucht die Veraschung nicht bis zur vollständigen Verbrennung sämtlicher Kohleteilchen fortgesetzt zu werden, da diese die Kieselsäurebestimmung in keiner Weise beeinträchtigen. Aus diesem Grunde ist auch das zur Gewinnung

einer kohlefreien Asche sonst übliche Auslaugen der unvollständig veraschten Masse mit heißem Wasser und Verbrennen der zurückbleibenden Kohle nicht erforderlich. Da die wäßrigen Auszüge mancher Aschen oftmals sehr langsam filtrieren, ist es um so vorteilhafter, daß diese zeitraubende Arbeit unnötig ist. Soll eine größere Anzahl von Proben verascht werden, so leistet ein mit Platin- oder Nickelblech ausgekleideter elektrischer Muffelofen, dessen Temperatur sich leicht so regeln läßt, daß die Asche noch nicht zum Schmelzen kommt, gute Dienste. Hat man die Proben zuvor in der gewöhnlichen Weise verkohlt, so läßt sich im Muffelofen die Veraschung in kurzer Zeit mühelos zu Ende führen.

Die gewonnene Asche wird mit wenig Wasser angefeuchtet und dazu etwa die 100 fache Menge 10 %ige Salzsäure langsam zugegeben, wobei die Platinschale zur Vermeidung von Spritzverlusten in bekannter Weise mit einem Uhrglas bedeckt zu halten ist. Die salzsaure Lösung wird zusammen mit dem ungelösten Teil der Asche eine Stunde lang auf dem Wasserbad erhitzt, wobei die Hauptmenge der aus den Reisspelzen stammenden Kieselsäure in der Regel gelöst bleibt und nur in seltenen Fällen sich als Gallerte abscheidet. Darauf wird das Ungelöste, welches hauptsächlich aus den sandigen Beimengungen des Futtermittels, zum kleineren Teil auch aus gallertartiger Kieselsäure und etwas Kohle besteht, von der Flüssigkeit durch Filtrieren getrennt und der Rückstand ausgewaschen ohne Zuhilfenahme einer Saugpumpe, da etwa vorhandene gallertartige Kieselsäure die Filterporen beim Absaugen verstopfen und das Filtrieren unmöglich machen würde. Nachdem das Filter getrocknet ist, wird der Filterrückstand davon abgelöst, das Filter unter Vermeidung starken Glühens verascht und Filterrückstand nebst Asche mit 20 ccm einer gesättigten Natriumkarbonatlösung, die 1 % Kaliumhydroxyd enthält, in einer bedeckten Platinschale ½ Stunde lang erhitzt. Hierdurch wird die aus den Reisspelzen stammende Kieselsäure in Lösung gebracht, während die sandigen Verunreinigungen zurückbleiben. Die Flüssigkeit wird darauf abfiltriert, die auf das Filter gekommenen Teile des unlöslichen Rückstandes in die Platinschale zurückgespritzt, die Behandlung mit 20 ccm obiger Sodalösung wiederholt und der nunmehr nur noch aus Sand bestehende unlösliche Rückstand auf dem Filter gesammelt und ausgewaschen. Die beiden alkalischen Filtrate vereinigt man mit dem oben erhaltenen salzsauren Filtrat, ohne daß durch die freiwerdende Kohlensäure Verluste eintreten, gibt erforderlichenfalls noch Salzsäure hinzu, bis die Flüssigkeit sauer reagiert, und verdampft die so erhaltene Lösung, welche nunmehr die gesamte aus dem Futtermittel stammende Kieselsäure enthält, in einer Porzellanschale auf dem Wasserbad zur Staubtrockne. In dem Trockenrückstand wird die Kieselsäure dann in der gewohnten Weise bestimmt und zur Wägung gebracht.

Sind z. B. 20 g reine Weizenkleie zu der Untersuchung verwendet worden, so findet man etwa 0,010 g Kieselsäure, dagegen kommen aus der gleichen Menge Weizenkleie 0,0409 g Kieselsäure zur Wägung, wenn diese Kleie mit 1 % Reisspelzen vermischt war. Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß 20 g des Futtermittels im allgemeinen ausreichen, damit die Menge der zur Wägung kommenden Kieselsäure nicht zu klein wird. Anderseits ist es nicht zu empfehlen, wesentlich mehr als 20 g des Futtermittels für die Kieselsäurebestimmung zu verwenden, da sonst die Durchführung der Analyse zeitraubender und umständlicher wird.

4. Berechnung der Reisspelzenmenge aus der gefundenen Menge Kieselsäure.

Schon auf Seite 220 ist darauf hingewiesen worden, daß für die Berechnung der Reisspelzenmenge aus der gefundenen Kieselsäure zwei Faktoren von Bedeutung sind, einerseits der Aschengehalt der Reisspelzen, andererseits der Kieselsäuregehalt der Reisspelzenasche. Da die Menge der Reisspelzen nicht wie bei den meisten analytischen Arbeiten mit Hilfe einer einfachen Proportion aus der durch die Analyse ermittelten Kieselsäuremenge abgeleitet werden kann, so soll an dem Beispiel einer durch Reisspelzen verfälschten Weizenkleie der Weg gezeigt werden, welcher bei der Berechnung einzuschlagen ist:

Sind g Gramm der verfälschten Kleie zu der Untersuchung verwendet worden und bezeichnet man die darin enthaltenen unbekannten Mengen von Weizenkleie und Reisspelzen mit x und y, so besteht zunächst die Gleichung:

$$x + y = g \quad (1)$$

Zur Berechnung der Reisspelzenmenge ist nunmehr noch die Annahme eines bestimmten Durchschnittswertes für den Aschengehalt der Weizenkleie notwendig. Nach den Tabellen von J. König[1]) hat die Zahl 5,50% die größte Wahrscheinlichkeit für sich. Ebenso ist es notwendig, für den Kieselsäuregehalt der Asche der Weizenkleie einen Wert festzusetzen, der gemäß den darüber ausgeführten Untersuchungen mit 0,89% angenommen werden kann. In gleicher Weise ist der Aschegehalt der Reisspelzen mit 17,40% und der Kieselsäuregehalt dieser Asche mit 89,71% einzusetzen. Zur Vereinfachung der Ableitung der Gleichung sollen diese vier Werte mit a, c, b und d bezeichnet werden. Alsdann liefern x Teile Weizenkleie beim Verbrennen $\frac{x \cdot a}{100}$ Teile Asche und in dieser Aschenmenge sind $\frac{x \cdot a}{100} \cdot \frac{c}{100}$ Teile Kieselsäure enthalten; y Teile Reisspelzen geben beim Verbrennen $\frac{y \cdot b}{100}$ Teile Asche mit einem Kieselsäuregehalt von $\frac{y \cdot b}{100} \cdot \frac{d}{100}$ Teilen. Die Menge der in g Teilen der verfälschten Kleie enthaltenen Kieselsäure ist durch die Analyse zu e Gramm ermittelt worden. Es ergibt sich somit die folgende 2. Gleichung:

$$\frac{x \cdot a}{100} \cdot \frac{c}{100} + \frac{y \cdot b}{100} \cdot \frac{d}{100} = e \quad (2)$$

Mit Hilfe dieser beiden Gleichungen lassen sich die Werte für x und y berechnen. Man erhält schließlich:

$$x = \frac{b \cdot d \cdot g - 10000\,e}{b\,d - a\,c} \quad (3)$$

und

$$y = g - \frac{b \cdot d \cdot g - 10000\,e}{b\,d - a\,c} \quad (4)$$

[1]) J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Auflage. Bd. II.

Beträgt z. B. die Menge des zur Untersuchung verwendeten Futtermittels 20 Gramm, und werden als Mittelwerte für die Aschen- und Kieselsäuregehalte der Weizenkleie und Reisspelzen folgende Werte angenommen:

für a	5,50
„ b	17,40
„ c	0,89
„ d	89,71

beträgt außerdem die Menge e der in 20 g Kleie gefundenen Kieselsäure 0,3120 g, so erhält man für y

$$y = 20 - \frac{17{,}40 \cdot 89{,}71 \cdot 20 - 10000 \cdot 0{,}3120}{17{,}40 \cdot 89{,}71 - 5{,}50 \cdot 0{,}89} \text{ g}$$

und findet durch Ausrechnung, daß in 20 g der untersuchten Weizenkleie 1,943 g Reisspelzen d. h. 9,71 % enthalten sind.

Diese an dem Beispiel der Weizenkleie durchgeführten Berechnungen lassen sich auch auf andere mit Reisspelzen verfälschte Futtermittel übertragen. Die mittleren Gehalte an Asche und Kieselsäure der wichtigsten Futtermittel können den Werken von Dietrich und König[1]), König[2]) und Wolff[3]) entnommen werden, sodaß lediglich der Kieselsäuregehalt des verfälschten Futtermittels bestimmt zu werden braucht, um mit größter Annäherung den Gehalt an Reisspelzen berechnen zu können.

III. Zusammenfassung.

1. Der qualitative Nachweis von Reisspelzen kann in einfacher und zuverlässiger Weise mit Hilfe des Mikroskopes erbracht werden; dagegen ist es nicht zu empfehlen, die Anwesenheit von Reisspelzen in Futtermitteln allein durch eine Prüfung mit der Lupe zu ermitteln, da dieses Verfahren nicht genügend zuverlässig ist.

2. Verfälschungen von Reisfuttermehl durch Reisspelzen lassen sich nicht durch den qualitativen Nachweis von Reisspelzen, sondern nur durch eine quantitative Bestimmung der letzteren feststellen, da deren vollständiges Fernhalten vom Reisfuttermehl bei der technischen Verarbeitung des Roh-Reises nicht möglich ist.

3. Die Menge der in einem Futtermittel enthaltenen Reisspelzen läßt sich mit Hilfe des Mikroskopes durch Vergleich mit Präparaten von bekanntem Gehalt nur mit mäßiger Genauigkeit bestimmen. Dagegen unterscheiden sich Reisspelzen im Kieselsäuregehalt von allen gebräuchlichen Futtermitteln in so erheblichem Maße, daß mit Hilfe der Bestimmung der Kieselsäure die in einem Futtermittel enthaltene Menge von Reisspelzen mit einer großen Annäherung ermittelt werden kann.

Berlin, im Dezember 1907.

---

[1]) Th. Dietrich und J. König, Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel. 2. Aufl. 1891. Berlin, J. Springer.

[2]) J. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel. 4. Auflage, 1903/4. Berlin, J. Springer.

[3]) E. Wolff, Aschen-Analysen von land- und forstwirtschaftlichen Produkten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen. 1880. Berlin, Wiegand, Hempel und Parey.

Die Ausscheidung der schwefligen Säure beim Menschen in Versuchen mit schwefligsaurem Natrium und mit den Natriumsalzen gebundener schwefliger Säuren.

Von

Dr. Fr. Franz und **Dr. G. Sonntag,**

ständigen Mitarbeitern im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Einleitung.

Nachstehende Arbeit bildet einen weiteren Teil der pharmakologischen Untersuchungen des Gesundheitsamtes[1]) über die freie und die organisch gebundene schweflige Säure und behandelt im ersten Abschnitt anschließend an die von G. Sonntag und P. Hoffmann ausgeführten Versuche[2]) über die Ausscheidung von neutralem schwefligsaurem Natrium und acetaldehydschwefligsaurem Natrium beim Tier die Wirkung dieser Stoffe in einem Stoffwechselversuch auf den Organismus des Menschen.

Sonntag und Hoffmann sind bei ihrem gleichzeitig mit 2 Hunden angestellten Versuch zu folgendem Ergebnis gekommen: Der bei weitem größte Teil der

---

[1]) E. Rost und Fr. Franz, Vergleichende Untersuchung der pharmakologischen Wirkungen der organisch gebundenen schwefligen Säuren und des neutralen schwefligsauren Natriums. Diese Arbeiten 1904, Bd. 21, S. 312. — Fr. Franz, Beitrag zur Kenntnis der Wirkung des neutralen schwefligsauren Natriums, des aldehyd- und des acetonschwefligsauren Natriums, sowie einiger anderer Salze auf Kaulquappen. Ebenda S. 304.

[2]) G. Sonntag, Beiträge zur Kenntnis der Ausscheidung von neutralem schwefligsaurem Natrium und aldehydschwefligsaurem Natrium beim Hunde. (Nach gemeinschaftlich mit Dr. Paul Hoffmann angestellten Versuchen.) Diese Arbeiten 1904, Bd. 21, S 285

eingeführten Sulfitverbindungen fand sich bei beiden Tieren als Sulfat im Harn wieder; dagegen wurde nur ein sehr kleiner Teil als unverändertes Sulfit ausgeschieden, wie aus dem Überschuß an flüchtigen Schwefelverbindungen, der sich beim Destillieren des Harns in den Versuchsperioden gegenüber den Normalperioden ergab, geschlossen wurde.

In dem zweiten Abschnitt der vorliegenden Arbeit, der die Versuche zur quantitativen Bestimmung des Ablaufes der Sulfitausscheidung beschreibt, wird der Beweis geführt, daß unter bestimmten Verhältnissen schweflige Säure tatsächlich in den Harn übergeht.

Von Untersuchungen über die Ausscheidung der Verbindungen der schwefligen Säure beim Menschen liegen bisher Angaben in der Literatur nur von Höppener[1]) und von Rabuteau[2]) vor, deren Versuche für vorliegende Frage aber nur in beschränktem Umfange verwertbar sind. So ist in Höppeners sonst nicht unwichtigen Selbstversuchen einerseits nicht eine gleichmäßige Nahrung genossen worden, sodaß auch die Menge des eingeführten Schwefels nicht gleichmäßig sein konnte und anderseits die Menge der schwefligen Säure überhaupt nur aus Differenzrechnungen erschlossen worden, wie in der erwähnten Arbeit von Sonntag ausgeführt wurde. Auch Rabuteaus Versuch kann hier nur insoweit herangezogen werden, als nach der Einnahme von 2 g Natriumsulfit schweflige Säure im Harn qualitativ nicht nachgewiesen werden konnte. Der von ihm aus der quantitativen Bestimmung der im Versuchsharn vorhandenen Sulfate usw. gezogene Schluß, daß die gesamte zugeführte Menge schwefliger Säure als Plus gegenüber den Sulfat-Werten der Vortage im Harn wiedererschien, ist auch nach Richtigstellung eines bei der Bilanzberechnung untergelaufenen Rechenfehlers nicht beweiskräftig.

I. Stoffwechselversuch.

Der an einem von uns (F.) angestellte Versuch zerfiel in 5 Abschnitte von je 2 tägiger Dauer. Schon vor Beginn des Versuches war während zweier Tage die gleiche Nahrung genossen worden. Der Versuch wurde mit einer Vorperiode (I) begonnen; zwischen die beiden Versuchsabschnitte (Periode II und IV) wurde eine Normalperiode (III) eingeschaltet, und eine Schlußperiode (V) schloß als dritte Normalperiode den Versuch ab. Auf diese Weise konnten für die beiden zu untersuchenden Stoffe die erhaltenen Normalwerte je aus einer Vor- und einer Nachperiode entnommen und zum Vergleich den Werten nach Einnahme der Sulfite gegenübergestellt werden. Die 5 Abschnitte des Gesamtversuches länger als auf je zwei Tage auszudehnen, ließ sich nicht durchführen. Während des ganzen Versuches wurde die Nahrung mit Appetit ohne jeden Widerwillen genossen, ausgenommen während der später zu er-

[1]) Über die Zersetzung einiger Schwefel- und Chlorverbindungen im Organismus. Diss. Dorpat. 1863.

[2]) Recherches sur les métamorphoses et le mode d'élimination que présentent le sulfite et l'hyposulfite de sodium introduits dans l'organisme. Gazette médicale de Paris. 1869. Bd. 24. S. 173. Vergl. hierüber und über L. Pfeiffers Hundeversuch die bei Rost und Franz (Diese Arbeiten 1904, Bd. 21) auf S. 369—371 abgedruckten ausführlichen Versuchsprotokolle dieser an wenig zugänglichen Stellen veröffentlichten Versuche.

wähnenden durch Sulfit hervorgerufenen Erkrankung. Nahrung und Lebensweise wurden so gleichmäßig wie möglich gestaltet, die Mahlzeiten stets zu denselben Tagesstunden eingenommen und wie folgt verteilt:

Erstes Frühstück 9 h morgens: 300 ccm Kaffeeaufguß (10 g gemahlener Kaffee auf 500 ccm Wasser) mit 25 g kondensiertem Rahm und 10 g Zucker, 2 Weißbrötchen mit ungesalzener Butter.

Zweites Frühstück 10 h 30': etwa 200 ccm Kaffeeaufguß (der Rest vom Morgenkaffee), Graubrot mit Butter, 25 g Mettwurst.

Mittagessen 2 h: 300 ccm Fleischbrühe, hergestellt durch Kochen von 125 g Rindfleisch und 100 g Knochen in Wasser unter Zusatz von Salz, etwas Pfeffer, 10 g Petersilie, 10 g Mohrrüben, 5 g Sellerie und 2,5 Porree. — 125 g Rinderfilet, mit Butter unter Zusatz von etwas Salz, 0,25 g Pfeffer und 5 g feingeschnittenen Zwiebeln gebraten. — 100 g[1]) mit etwas Salz in Wasser gekochte Kartoffeln (geschält gewogen). — 100 g[2]) Kompott. — 1 Weißbrötchen.

Nachmittagskaffee 4 h 500 ccm Kaffeeaufguß (wie der Morgenkaffee bereitet), 1 Weißbrötchen mit Butter.

Abendessen 7 h 45': 400 ccm Teeaufguß (von 6 g Teeblättern) mit 20 g Zucker, Graubrot mit Butter, 60 g Cervelatwurst, 50 g Tilsiter Käse. — Etwa eine Stunde später: 375 ccm Weihenstephan-Bier, 50 g Kakes.

Die Gesamtmenge von Graubrot, Weißbrot, Butter und Salz, die tagsüber genossen wurde, betrug: 170 g Graubrot, 125 g Weißbrot (etwa 4 Brötchen), 125 g ungesalzene Butter, 6 g Kochsalz.

Sämtliche Speisen wurden, soweit sie vor dem Genuß noch einer Zubereitung bedurften, von der Versuchsperson selbst zubereitet. Zur Herstellung der Fleischbrühe wurden Fleisch und Knochen nebst den Zutaten mit kaltem Wasser angesetzt und $^3/_4$ Stunden lang gekocht. Das Bratenfleisch war bestes fett- und sehnenfreies Rinderfilet. Das Kompott bestand aus eingemachten gemischten Früchten, von denen 2 Büchsen zur Verwendung kamen.

Durch Beschaffung großer, teilweise für die Dauer des Versuches ausreichender Mengen der Nahrungsmittel wurde auf leichte Weise ein möglichst gleichmäßiger Gehalt der Tagesnahrung an Schwefel erzielt; die Verschiedenheit der Schwefelmenge in der eingeführten Nahrung rührt von dem wechselnden Schwefelgehalt des Fleisches her, das während der Versuchszeit dreimal für je 4 Tage beschafft werden mußte und in je 4 gebrauchsfertigen Portionen ebenso wie die Tagesmengen Butter, im Eisschranke aufbewahrt wurde. Graubrot und Weißbrot wurden täglich, frisch gebacken, bezogen.

Von sämtlichen Nahrungsmitteln wurde in Durchschnittsproben der Gehalt an Gesamtschwefel ermittelt. Für die Bestimmung des mit dem Brote aufgenommenen Schwefels wurden während der Dauer des Versuches von jeder Probe des Graubrotes und des Weißbrotes je 25 g zurückgestellt und getrocknet, aus dem Gemisch dieser zurückgestellten Proben der Durchschnittsgehalt an Schwefel für Graubrot und Weißbrot ermittelt und darnach die täglich mit ihnen eingeführte Menge Schwefel berechnet. Um die betreffenden Werte für die mit der Fleischbrühe, dem Kaffee und dem Teeaufguß täglich aufgenommene Schwefelmenge zu erhalten, wurden je 2 in der geschilderten Weise bereitete Portionen analysiert und die so erhaltenen Mittelwerte für jeden Tag eingesetzt. Vom frisch gelieferten Fleisch wurde in jeder der drei viertägigen Portionen der Schwefelgehalt bestimmt.

[1]) Am 1. Tage 150 g Kartoffeln.
[2]) Am 2. Tage 125 g Kompott.

Eine Übersicht über die täglich genossenen Mengen der einzelnen Nahrungsmittel sowie über die in ihnen vorhandenen und an den einzelnen Versuchstagen mit der Nahrung aufgenommenen Mengen Schwefel gibt die Tabelle 1. Für die Ausführung der mehr als 30 Schwefelanalysen in den Nahrungsmitteln sind wir dem ständigen Mitarbeiter im Gesundheitsamte Herrn Weitzel zu Dank verpflichtet.

Tabelle 1. Zusammenstellung der während des Stoffwechselversuchs mit neutralem schwefligsauren Natrium und acetaldehydschwefligsaurem Natrium täglich genossenen Nahrungsmittel und der mit ihnen eingeführten Mengen Schwefel.

Art der Nahrungsmittel	Trockengehalt der Nahrungsmittel %	Schwefel (S)-Gehalt		Menge der täglich eingeführten Nahrungsmittel g	Die an den einzelnen Versuchstagen mit den Nahrungsmitteln eingeführten Mengen Schwefel (S)			
		der frischen Nahrungsmittel %	in der Trockensubstanz %		1. Tag mg S	2.—4. Tag mg S	5.—8. Tag mg S	9.—12. Tag mg S
Fleisch (Rinderfilet)[1] 1.—4. Tag	23,90	0,222	0,903	125	277,5	277,5	—	—
Fleisch (Rinderfilet)[1] 5.—8. „	24,55	0,192	0,782	125	—	—	240,0	—
Fleisch (Rinderfilet)[1] 9.—12. „	24,84	0,218	0,878	125	—	—	—	272,5
Graubrot . . .	69,12	0,0746	0,108	170	126,8	126,8	126,8	126,8
Weißbrot . . .	73,75	0,119	0,161	125	148,8	148,8	148,8	148,8
Mettwurst . . .	—	0,126	—	25	31,5	31,5	31,5	31,5
Cervelatwurst . .	—	0,226	—	60	135,6	135,6	135,6	135,6
Kartoffeln . . .	24,20	0,0356	0,147	100 [2])	53,4	35,6	35,6	35,6
Butter (ungesalzen)	—	0,0122	—	125	15,3	15,3	15,3	15,3
Käse	—	0,210	—	50	105,0	105,0	105,0	105,0
Rahm	—	0,026	—	50	13,0	13,0	13,0	13,0
Kakes	—	0,124	—	50	62,0	62,0	62,0	62,0
Kompott	—	0,0096	—	100 [3])	12,0	9,6	9,6	9,6
Pfeffer	—	0,114	—	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3
Zwiebeln	16,52	0,0857	0,519	5	4,3	4,3	4,3	4,3
Bier	—	0,0084	—	375 ccm	31,5	31,5	31,5	31,5
Fleischbrühe . .	—	—	—	300 ccm	25,7	25,7	25,7	25,7
Kaffeeaufguß . .	—	—	—	500 ccm	10,6	10,6	10,6	10,6
Teeaufguß . . .	—	—	—	400 ccm	9,2	9,2	9,2	9,2
Schwefelgehalt der Tagesnahrung					1 062,5	1 042,3	1 004,8	1 037,3

Die in den Versuchsabschnitten II und IV pro Tag aufgenommenen Mengen des neutralen schwefligsauren Natriums und des acetaldehydschwefligsauren Natriums waren so bemessen, daß mit ihnen die gleiche Menge schweflige Säure (1,3 g SO_2)

[1]) Nachstehende Zusammenstellung gibt einen Vergleich des Gehaltes an Gesamtschwefel in dem von uns verwendeten Rindfleisch und dem in den erwähnten Versuchen von G. Sonntag und P. Hoffmann an Hunden verfütterten Pferdefleisch.

	Rindfleisch	Pferdefleisch
Gehalt an Gesamtschwefel	Probe a: 0,222 %	Probe a: 0,205 %
	„ b: 0,192 „	„ b: 0,264 „
	„ c: 0,218 „	„ c: 0,208 „

[2]) Am 1. Versuchstag 150 g.

[3]) Am 1. Versuchstag 125 g.

eingeführt wurde. Da der Gehalt des verwendeten neutralen schwefligsauren Natriums an Sulfatschwefel (1,46 %) infolge eingetretener Oxydation höher war als der des acetaldehydschwefligsauren Natriums (0,23 %), so waren die an SO_2-Gehalt gleichen Gaben der beiden Präparate verschieden in ihrem Gesamtschwefelgehalt. Der angegebenen Menge von 1,3 g SO_2 entspricht vom neutralen schwefligsauren Natrium [1]) 5,801 g und vom acetaldehydschwefligsauren Natrium [2]) 3,155 g.

Der Versuchstag begann morgens um 9 Uhr, nachdem die täglich einmalige Darmentleerung erfolgt, darauf Harn gelassen und das Körpergewicht festgestellt war, mit dem ersten Frühstück. Der Harn wurde entleert um 10 Uhr, um 2 Uhr und von da ab zu unregelmäßigen Zeiten bis zum anderen Morgen um 9 Uhr, so daß also beim Vereinigen der ersten beiden Harnportionen täglich eine 5- und eine 19-stündige Harnmenge zur Untersuchung kam. Während der beiden Sulfitperioden (II und IV) wurde der Harn, um einer Oxydation der etwa in den Harn übergegangenen schwefligen Säure durch Luftsauerstoff vorzubeugen, in ein mit Kohlensäure gefülltes Gefäß entleert und darin mit Kohlensäure überschichtet; ferner waren alle Vorbereitungen so getroffen worden, daß unmittelbar nach Entleerung des 2. Harnes die vereinigten beiden Harnmengen destilliert werden konnten.

Der Kot wurde in den ersten 6 Tagen mit getrockneten Heidelbeeren, vom 7. Tage ab mit Lindenkohle, die in einer Oblate verschluckt wurde, abgegrenzt.

Das acetaldehydschwefligsaure Natrium wurde im Versuchsabschnitte II mit Weißbrot umhüllt um 9 Uhr zugleich mit dem Kaffee genommen. Da der unangenehme Geschmack des Präparates in dieser Form sich nicht genügend verdecken ließ, konnte es nur mit Widerstreben genossen werden, so daß es an beiden Tagen fast 10 Minuten dauerte, bis die gesamte Menge verzehrt war. Auch nach dem Frühstück war der Geschmack nach schwefliger Säure, wenn auch allmählich schwächer werdend, noch fast zwei Stunden lang zu spüren. Weitere Wirkungen wurden nicht beobachtet. — Das Natriumsulfit wurde im Versuchsabschnitt IV nach den vorausgegangenen Erfahrungen in Oblaten eingeschlossen verschluckt. Bei dieser Art des Einnehmens war der Geschmack nach schwefliger Säure an beiden Tagen nur kurze Zeit zu verspüren.

[1]) Von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen.

[2]) Das vom Chemischen Laboratorium des Gesundheitsamtes dargestellte acetaldehydschwefligsaure Natrium war aus Methylalkohol umkristallisiert worden ($CH_3CH\langle^{OH}_{SO_3Na} + \frac{1}{4} H_2O$. Mol.-Gew. 152,5, während das zu den erwähnten Versuchen am Hund benutzte Präparat $\frac{1}{2}$ H_2O enthielt).

Schwefelgehalt der zum Versuch verwendeten Präparate in Prozenten.

Präparate	Gesamt-Schwefel	Schweflige Säure (durch Destillation bestimmt)	Als schweflige Säure vorhandener Schwefel	Als Sulfat vorhandener Schwefel
Neutrales schwefligsaures Natrium	12,67	22,41	11,21	1,46
Acetaldehydschwefligsaures Natrium	20,84	41,21	20,61	0,23

Im Gegensatz zum Abschnitt II des Versuches stellten sich aber nach dem Einnehmen des neutralen schwefligsauren Natriums im Abschnitt IV schwere, von einer Wirkung auf die Verdauungsorgane herrührende und das Allgemeinbefinden störende Schädigungen ein. Am Nachmittage des ersten Sulfittages machte sich nur ein mäßiges Drängen im Leibe geltend, das bald wieder verschwand und an sich vielleicht nicht als Wirkung des zugeführten Sulfits betrachtet werden könnte, wenn nicht am zweiten Sulfittage nach der gleichen Menge dieselbe Erscheinung im verstärkten Maße aufgetreten wäre und zu fast bedrohlicher Vergiftung geführt hätte. Gleich nach dem Mittagessen stellten sich Leibschmerzen ein verbunden mit Drang zur Darmentleerung, dem anfänglich, im Interesse des Versuches, widerstanden wurde, bis ihm um 3 Uhr Folge gegeben werden mußte. Bald darauf ließen die Leibschmerzen nach. Der Appetit beim Abendessen war mäßig. Nach dem Abendessen begannen die Leibschmerzen von neuem und dauerten unter allgemeinem körperlichen Unbehagen bis in den Schlaf hinein an, der sich erst nach 12 Uhr einstellte. Beim Erwachen gegen $2^1/_2$ Uhr waren dumpfe Schmerzen im Kopfe und starkes Schwindelgefühl vorhanden; gleichzeitig traten starker Schweißausbruch und heftige kolikartige Schmerzen im Unterleib auf. Wiederholt sich einstellender Stuhldrang und Brechreiz konnten nur mit Mühe unterdrückt werden. Gegen 7 Uhr morgens ließen diese Erscheinungen etwas nach. Der Kot mußte bereits um 7 Uhr 45 Min. entleert werden; er war schwarzbräunlich gefärbt und von dünnbreiiger Konsistenz. Den geschilderten Erkrankungserscheinungen entsprechend war das Aussehen der Versuchsperson wie das eines Schwerkranken. Die Gesichtsfarbe war fahl, das Weiße des Auges leicht ikterisch verfärbt. Die Lippenschleimhaut war trocken und rissig, die Zunge zeigt dicken weißlichen Belag. Im Laufe des Tages (1. Tag der Nachperiode) nahmen die Beschwerden allmählich weiter ab, jedoch war noch am Abend große Mattigkeit, Kopf- und Leibschmerz vorhanden. Die folgende Nacht verlief gut, sodaß eine gewisse Erholung von den überstandenen Störungen eintrat; doch machte noch am 2. Tage der Nachversuchsperiode die Versuchsperson einen leidenden Eindruck. Als letzte Wirkung blieb am 2. Tag der Nachversuchsperiode (V) die sonst täglich zur selben Zeit erfolgende Darmentleerung aus. In den nächsten Tagen nach Beendigung des Versuches trat allmählich völlige Erholung ein.

Die Untersuchung des **Harnes** erstreckte sich wie bei den früheren Versuchen am Hunde auf die Bestimmung der **schwefligen Säure**, der **Äther-Schwefelsäuren**, der **Gesamt-Schwefelsäure** und des **Gesamt-Schwefels**. Sämtliche Analysen der Teilmengen beider Tagesharnportionen wurden in Doppelbestimmungen ausgeführt. Zur Bestimmung der schwefligen Säure wurden von den an jedem Tage gewonnenen beiden Harnmengen aliquote Teile (je zweimal $^2/_{10}$) abgewogen und der Destillation unterworfen. Der Rest beider Portionen wurde für die übrigen Analysen vereinigt und die Mischung dann in der Weise geteilt, daß — berechnet auf die Gesamtmenge des Tagesharnes —

$2 \times {}^2/_{10}$ für die Ermittelung der Äther-Schwefelsäuren ($= {}^4/_{10}$ der Gesamtmenge),
$2 \times {}^1/_{40}$ „ „ „ „ Gesamt-Schwefelsäure ($= {}^1/_{20}$) ⎫ $= {}^1/_{10}$ der
$2 \times {}^1/_{40}$ „ „ „ des Gesamt-Schwefels ($= {}^1/_{20}$) ⎭ Gesamtmenge

genommen wurden. Es wurden demnach im ganzen $^9/_{10}$ der Gesamtmenge des Tagesharns für die Analysen verbraucht. Das letzte Zehntel wurde für etwa notwendig werdende Wiederholungen einer Analyse zurückgestellt. Die Teilmengen wurden durch Wägung bestimmt, weil auf diese Weise die Harnmenge schneller und leichter abgeteilt werden konnte als durch Volummessung, wobei Verdünnung auf ein bestimmtes Volum, also Auffüllen und Mischen mit Wasser, und Umfüllen nicht zu umgehen ist und somit Gelegenheit zur Berührung mit der Luft gegeben wird.

Die angewandten analytischen Methoden.

A. Bestimmung der schwefligen Säure.

Die Bestimmung der schwefligen Säure wurde nach dem bekannten Verfahren der Destillation des mit Phosphorsäure angesäuerten Harns im Kohlensäurestrom ausgeführt.

Die quantitative Bestimmung der schwefligen Säure in wässeriger Lösung.

Um eine Anschauung davon zu geben, mit welcher Genauigkeit die Bestimmung der schwefligen Säure nach dem Destillationsverfahren sich ermöglichen läßt, soll zunächst eine Reihe von Versuchen aufgeführt werden, die angestellt worden sind, um die Genauigkeit der Methode im Vergleich zu dem Verfahren der maßanalytischen Bestimmung wässeriger Natriumsulfitlösungen mittels titrierter Jodlösung zu prüfen und, wenn möglich, zu einer Verbesserung oder Vereinfachung der Methode zu gelangen.

Die zu den Versuchen benutzten Sulfitlösungen wurden durch Auflösen von Natriumsulfit in frisch ausgekochtem Wasser hergestellt und ihr Gehalt unmittelbar vor der Destillation durch Titration mittels etwa $^1/_{20}$ n-Jodlösung bestimmt. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, den Luftsauerstoff bei der Destillation auszuschließen. Hierzu wurde der Destillierkolben (von 700 ccm Inhalt), der in dem dreifach durchbohrten Stopfen außer dem Destillationsrohr und dem Einführungsrohr für die Kohlensäure noch einen Hahntrichter zum Einfüllen der zu destillierenden Lösung trug, mit etwa 200 ccm Wasser gefüllt und dieses eine halbe Stunde lang bei angeschlossenem Kühler gekocht; darauf wurde bis zum Erkalten Kohlensäure durch den Apparat geleitet, die Vorlagen verbunden und dann erst die soeben titrierte Sufitlösung aus der Pipette, mit der sie abgemessen wurde, in den Hahntrichter und aus diesem sofort in den Kolben gelassen, mit vorher ausgekochtem Wasser nachgespült und die betreffende für die Zersetzung des Sulfits gewählte Säure auf demselben Wege eingegossen. Die Kohlensäure wurde im Kippschen Apparat aus gewaschenen Marmorstückchen mit verdünnter, vorher ausgekochter Salzsäure entwickelt und in zwei, mit Kupfersulfatlösung versehenen Waschflaschen gewaschen. Bei fortwährendem Durchleiten von Kohlensäure wurde jedesmal eine Stunde lang unter mäßigem Sieden destilliert. In den Versuchen, bei denen statt der Kohlensäure Wasserstoff zur Verwendung kam, wurde dieser mit Wasser und Permanganatlösung gewaschen und zwecks völliger Befreiung von Sauerstoff noch durch alkalische Pyrogallollösung geleitet.

Zur Oxydation der überdestillierenden schwefligen Säure wurde bisher wohl aus-

schließlich eine verdünnte, mit Hilfe von Jodkalium hergestellte Jodlösung benutzt. Die Jodlösung wird nach beendigter Destillation durch längeres Erwärmen vom überschüssigen Jod befreit, worauf die Schwefelsäure durch Baryumchlorid gefällt wird. An Stelle des Jods lassen sich natürlich auch andere Oxydationsmittel verwenden. Als in hervorragendem Maße geeignet erwies sich das Wasserstoffsuperoxyd. Eine wässerige Wasserstoffsuperoxydlösung oxydiert die überdestillierende schweflige Säure sofort zu Schwefelsäure und die erhaltene Flüssigkeit kann ohne weitere Behandlung zur Bestimmung der Schwefelsäure dienen. In den nachstehend beschriebenen Versuchen ist deshalb ausschließlich das Wasserstoffsuperoxyd als Oxydationsmittel angewendet worden und zwar in etwa 3%iger Lösung, die aus dem chemisch reinen 30%igen Wasserstoffsuperoxyd durch Verdünnen mit Wasser bereitet wurde. Die gewöhnlichen käuflichen Wasserstoffsuperoxydlösungen sind meistens schwefelsäurehaltig und daher für den hier vorliegenden Zweck nicht brauchbar.

Als Vorlagen dienten je zwei hintereinander geschaltete Absorptionsgefäße mit Kugelrohransätzen. In die erste Vorlage wurden 10 ccm, in die zweite 5 ccm der Wasserstoffsuperoxydlösung gebracht (theoretisch vermögen 10 ccm 3%iger Wasserstoffsuperoxydlösung 0,566 g SO_2 zu Schwefelsäure zu oxydieren) und nur soviel mit Wasser verdünnt, daß die Zuführungsröhren der Absorptionsgefäße unter den Flüssigkeitsspiegel reichten. Da so von vornherein nur wenig Flüssigkeit in die Vorlagen gebracht wird, erhält man nach der Destillation keine allzu große Menge Destillat. Dies kann daher nach dem Überspülen in ein Becherglas ohne weiteres mit Baryumchloridlösung gefällt werden, wenn die Menge der entstandenen Schwefelsäure nicht so gering ist, daß sie ein Eindampfen der Flüssigkeit auf ein geringeres Volumen erfordert. Die schweflige Säure wird vollständig in den Vorlagen zurückgehalten, wie mehrfach festgestellt worden ist; mit dem aus dem zweiten Gefäß entweichenden Gas konnte niemals eine Reaktion auf schweflige Säure erhalten werden.

Die Verwendung des reinen Wasserstoffsuperoxyds als Oxydationsmittel verschafft aber auch noch die Möglichkeit zu einer wesentlichen Vereinfachung des Bestimmungsverfahrens. Da nämlich die schweflige Säure in einer rein wässerigen Lösung von Wasserstoffsuperoxyd oxydiert wird, so enthält das Destillat außer Kohlensäure (wenn diese verwendet wurde) und überschüssigem Wasserstoffsuperoxyd nur freie Schwefelsäure. Man braucht also nur die absorbierte Kohlensäure durch Erwärmen zu verjagen und kann dann die Schwefelsäure mittels Lauge titrieren; bei Anwendung von Wasserstoff kann auch das Erwärmen entfallen und das Destillat unmittelbar in den Vorlagen titriert werden. Die Gegenwart von Wasserstoffsuperoxyd, das auch beim Erwärmen nur langsam entweicht bezw. sich zersetzt, ist hierbei nicht störend, da die Acidität des reinen Wasserstoffsuperoxyds eine äußerst geringe ist.

Dieses abgekürzte Verfahren wird bei der Bestimmung der schwefligen Säure in wässerigen Lösungen angewendet werden können und insbesondere von Nutzen sein, wenn es sich darum handelt, den Gehalt der zu untersuchenden Lösung schnell festzustellen, wobei dann noch die Möglichkeit einer nachträglichen gewichtsanalytischen Bestimmung erhalten bleibt; denn wenn man die Vorsicht gebraucht, zum Titrieren eine völlig

schwefelsäurefreie Lauge zu benutzen, so kann in der titrierten, wieder angesäuerten Flüssigkeit nochmals die Schwefelsäure durch Fällung mit Baryumchlorid bestimmt werden. — Nicht brauchbar ist das Verfahren natürlich, wenn bei der Destillation noch andere flüchtige Säuren oder organische Stoffe entstehen, welche mit überdestillieren und die Acidität des Destillats ändern; auch im Harn ist die Bestimmung von schwefliger Säure auf diese Weise nicht auszuführen.

In den folgenden Tabellen, welche die Ergebnisse von Versuchen mit rein wässerigen Lösungen von Natriumsulfit enthalten, sind die durch Titration der Destillate mittels schwefelsäurefreier Natronlauge ermittelten Werte neben den durch gewichtsanalytische Bestimmung der Schwefelsäure in den Destillaten nach der Titration gefundenen Zahlen aufgeführt. Da unter Umständen die Anwendung einer anderen Säure als der Phosphorsäure von Wert sein kann, z. B. einer durch Eindampfen und Veraschen des Destillationsrückstandes zerstörbaren Säure, wenn der Rückstand weiter analysiert werden soll, so wurden in einigen Versuchen auch Essigsäure und Weinsäure auf ihre Verwendbarkeit geprüft.

Bestimmung der schwefligen Säure in wässerigen Natriumsulfitlösungen.

Nr.	Titration der ursprüngl. Lösung mit Jod ergab g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: gewichtsanalytisch ermittelt g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: titrimetrisch ermittelt g SO_2	Nr	Titration der ursprüngl. Lösung mit Jod ergab g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: gewichtsanalytisch ermittelt g SO_2	Bestimmung der Schwefelsäure im Destillat ergab: titrimetrisch ermittelt g SO_2
	A. Destillation im Kohlensäurestrom				B. Destillation im Wasserstoffstrom		
1	0,1981	0,1988 } mit 10 ccm Essigsäure angesäuert		1	0,0494	0,0495	0,0498
2	0,1981	0,1984		2	0,0494	0,0496	0,0494
3	0,1990	0,1974		3	0,0492	0,0490	0,0491
4	0,1985	0,1961 } mit 1 g Weinsäure angesäuert		4	0,0492	0,0484	0,0489
5	0,2002	0,2009		5	0,0498	0,0484	0,0487
6	0,2002	0,2011		6	0,0498	0,0484	0,0494
7	0,1506	0,1500	0,1488	7	0,0498	0,0490	0,0496
8	0,1506	0,1502	0,1488	8	0,0498	0,0491	0,0496
9	0,2006	0,1987	—	9	0,0246	0,0245	0,0248
10	0,1478	—	0,1475	10	0,0246	0,0232	0,0235
11	0,1502	0,1512	0,1500	11	0,0248	0,0244	0,0240
12	0,1510	0,1507	0,1456	12	0,0248	0,0240	0,0243
13	0,1018	0,1010	0,0977	13	0,0245	0,0243	0,0245
14	0,1013	0,1016	0,0980	14	0,0245	0,0238	0,0242
15	0,0068	0,0074	0,0071	15	0,0122	0,0110	0,0113
16	0,0068	0,0065	0,0061	16	0,0122	0,0114	0,0117
17	0,0045	0,0050	0,0050	17	0,0120	0,0104	0,0108
18	0,0045	0,0041	0,0040	18	0,0120	0,0100	0,0105
19	0,0021	—	0,0028	19	0,0120	0,0107	0,0105
20	0,0021	0,0018	0,0017	20	0,0120	0,0105	0,0105
21	0,0022	0,0019	0,0020	21	0,0119	0,0116	0,0107
22	0,0022	0,0010	0,0011	22	0,0119	0,0104	0,0108
23	0,0022	0,0023	0,0024	23	0,0068	0,0061	0,0061
24	0,0022	0,0017	0,0018	24	0,0068	0,0056	0,0058
25	0,0022	0,0025	0,0021	25	0,0021	0,0030	—
				26	0,0021	0,0019	0,0020

Aus den erhaltenen Werten ist zu ersehen, daß die Bestimmung der schwefligen Säure in rein wässeriger Natriumsulfitlösung mittels des Destillationsverfahrens Zahlen ergibt, die mit den durch einfache Titration mittels Jodlösung gewonnenen gut übereinstimmen. Der Unterschied betrug in den meisten Fällen weniger als 1 mg.

Die Anwendung von Wasserstoff zur Verdrängung der Luft ergab für die gewichtsanalytische Bestimmung keine wesentlich besseren Resultate als die Destillation im Kohlensäurestrom.

Reines Wasserstoffsuperoxyd verdient als Oxydationsmittel den Vorzug vor der Jodlösung und bietet den Vorteil, daß man die schweflige Säure durch einfache alkalimetrische Bestimmung der in der Vorlage gebildeten Schwefelsäure bestimmen kann, wenn andere flüchtige Säuren oder organische Stoffe nicht zugegen waren.

An Stelle der Phosphorsäure können, wenn es vorteilhaft erscheint, zum Ansäuern der Sulfitlösungen vor der Destillation auch andere Säuren, wie Essigsäure oder Weinsäure benutzt werden.

Die quantitative Bestimmung der schwefligen Säure im menschlichen Harn.

Die im Nachstehenden beschriebenen, mit normalem menschlichen Harn angestellten Destillationsversuche sowie sämtliche Destillationen der Harne in den weiterhin beschriebenen Ausscheidungsversuchen wurden in der den Versuchen über die Bestimmung der schwefligen Säure in wässeriger Lösung entsprechenden Weise und gleicher Anordnung ausgeführt. Vor jeder Destillation war in dem geschlossenen, mit dem Kühler verbundenen Destillierkolben zunächst Wasser nebst 20 ccm Phosphorsäure (25%) und etwa 3 g grob gepulverten Bimsteins (zur Erzielung eines gleichmäßigen, stoßfreien Siedens der Harnmischungen) eine halbe Stunde lang gekocht, dann bis zum Erkalten Kohlensäure (Wasserstoff) eingeleitet worden. Darauf wurde unter Vermeidung des Luftzutritts erst der Harn, dann die zur Auffüllung auf 400 ccm nötige Menge vorher längere Zeit ausgekochten Wassers durch das Trichterrohr zufließen gelassen, das Gemisch schnell zum Sieden gebracht und unter fortwährendem Einleiten von Kohlensäure destilliert. Als Oxydationsmittel in den Vorlagen wurde ebenfalls Wasserstoffsuperoxyd benutzt: die erste Vorlage enthielt 10 ccm, die zweite 5 ccm der aus reinem 30%igen Wasserstoffsuperoxyd hergestellten 3%igen Lösung.

Die beim Destillieren von normalem menschlichen Harn auftretenden flüchtigen Schwefelverbindungen. — Wie bereits in der Arbeit über die Ausscheidung der Sulfitverbindungen beim Hunde [1]) hervorgehoben ist, werden auch aus normalem menschlichen Harn beim Destillationsverfahren kleine Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen erhalten, die bei der Oxydation Schwefelsäure liefern und daher die genaue Ermittelung der nach Einnahme von Sulfit in den Harn gelangten schwefligen Säure erschweren. Sämtliche in dieser

[1]) a. a. O.

Richtung untersuchten menschlichen Harne zeigten dies Verhalten (vergl. S. 236 u. ff.). Auch in den hier behandelten Ausscheidungsversuchen wurden während der Normalperioden beim Destillieren des Harnes flüchtige Schwefelverbindungen übergetrieben (S. 239).

Die Frage, um welche Schwefelverbindungen es sich bei den überdestillierenden kleinen Mengen handelt, ist im einzelnen nicht weiter verfolgt worden. Nach Untersuchungen mehrerer Forscher, J. Munk [1]), R. Gscheidlen [2]), Friedr. Müller [3]), soll Schwefelwasserstoff im normalen menschlichen Harn im freien Zustande enthalten sein oder beim Erhitzen mit Säuren durch Zersetzung aus Sulfocyanaten entstehen. Bei den von uns untersuchten frischen menschlichen Harnen konnte eine Reaktion mittels Bleipapier nicht erhalten werden.

Schweflige Säure, mit der beim Destillieren von angesäuertem Hundeharn wegen des in diesem meistens vorhandenen Thiosulfats gerechnet werden muß, ist im Destillat von normalem Menschenharn nicht zu erwarten. Bisher wurde das Vorkommen von Thiosulfat im menschlichen Harn nur in einem Krankheitsfall von Strümpell [4]) beobachtet. Heffter [5]) hat zwar aus Differenzbestimmungen bei analytischen Untersuchungen von normalem Menschenharn auf die Gegenwart von Thiosulfat geschlossen; schon von Salkowski [6]) sind jedoch die Befunde Heffters als nicht beweiskräftig hingestellt. Salkowski wandte ein direktes Verfahren des Nachweises von Thiosulfat an, indem er den Harn mit Salzsäure destillierte und beobachtete, ob sich ein Schwefelbelag im Kühlrohr bildete. Er hat hunderte von menschlichen Harnen mit Salzsäure destilliert, aber niemals einen Anflug von Schwefel im Kühlrohr erhalten und hält es demnach für nicht erwiesen, daß im menschlichen Harn überhaupt je unterschwefligsaures Salz vorkommt. Die Versuche von Salkowski sind dann von Presch [7]) wiederholt worden. Dieser prüfte die Empfindlichkeit der Reaktion nach und fand, daß es noch bei einem Gehalt von 0,005 g Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3$, $5H_2O$) in 100 ccm Harn gelang, einen Schwefelanflug zu erhalten, wenn das Thiosulfat vorher durch Bleiessig gefällt wurde, und daß auch bei der Zersetzung geringer Mengen von Metallsulfiden sich ein Schwefelbeschlag bildete. Die von Presch mit normalem Menschenharn angestellten Versuche hatten sämtlich ein negatives Ergebnis.

Auch von uns wurde beim Destillieren von menschlichem Harn in keinem Falle ein Schwefelanflug im Kühlrohr bemerkt, während ein solcher bei der Destillation von Hundeharn in den früheren Versuchen aufgetreten war, und es konnte bei den zahlreichen qualitativen Prüfungen auf schweflige Säure nach der sehr empfindlichen Methode mit Kaliumjodatstärkelösung (S. 244) im normalen menschlichen Harn niemals eine Reaktion erhalten werden. Des weiteren ergibt sich, daß die aus normalem

[1]) Virchows Archiv 1877, Bd. 69, S. 354.
[2]) Pflügers Archiv 1877, Bd. 14, S. 401; Bd. 15, S. 350.
[3]) Berl. klin. Wochenschr. 1887, Bd. 24, S. 405 und 436.
[4]) Arch. der Heilkunde 1876, Bd. 17, S. 390.
[5]) Pflügers Archiv 1886, Bd. 38, S. 476.
[6]) Pflügers Archiv 1886, Bd. 39, S. 221.
[7]) Virchows Archiv 1890, Bd. 119, S. 148.

menschlichen Harn überdestillierenden schwefelhaltigen Stoffe nicht oder doch nur zum geringsten Teile aus solchen flüchtigen Verbindungen bestehen können, die im Harn fertig gebildet enthalten sind bezw. beim Ansäuern entstehen, sondern daß sie sich aus den nichtflüchtigen Schwefelverbindungen erst durch Zersetzung bilden. Denn die im Harn enthaltenen oder durch Ansäuern frei gemachten flüchtigen Schwefelverbindungen (H_2S, SO_2) würden während einer einstündigen Destillation quantitativ übergetrieben werden. Es zeigte sich aber, daß selbst nach mehrfacher Destillation desselben Harnes immer wieder neue Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen überdestillierten. Die nachstehenden Versuche beweisen die fortdauernde Entstehung von flüchtigen Schwefelverbindungen beim Destillieren von menschlichem Harn.

Die Destillation der Harnproben wurde immer nach je einer Stunde unterbrochen, die verdampfte Flüssigkeitsmenge durch Wasser ergänzt und die Vorlage gewechselt. Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt..

Harnmenge	Menge der durch Destillation erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)	
300 ccm Harn von von einer Person	im Destillat der 1. Stunde — mg*	*) Destillat durch Überschäumen verunreinigt
	„ „ „ 2. „ 1,8 „	
300 ccm Mischharn von mehreren Personen	im Destillat der 1. Stunde 4,4 mg	Zwischen der 4. und 5. Destillation hat der Kolben über Nacht unter Kohlensäureverschluß gestanden
	„ „ „ 2. „ 3,7 „	
	„ „ „ 3. „ 4,6 „	
	„ „ „ 4. „ 4,6 „	
	„ „ „ 5 „ 10,7 „	
300 ccm desgl.	im Destillat der 1. Stunde 3,4 mg	
	„ „ „ 2. „ 2,2 „	
	„ „ „ 3. „ 1,2 „	
	„ „ „ 4. „ 1,2 „	
	„ „ „ 5. „ 4,2 „	

Hiernach geht also während des Destillierens eine fortdauernde Zersetzung von nichtflüchtigen Schwefelverbindungen im Harn unter Entbindung von flüchtigen, schwefelhaltigen Substanzen vor sich.

Destillation unter vermindertem Druck[1].) — Es lag nahe, zu prüfen, ob diese Wirkung vorzugsweise dem Einfluß der Wärme zuzuschreiben ist und ob bei Anwendung einer niedrigen Temperatur die Bildung von flüchtigen Schwefelverbindungen verhindert werden kann. Zu diesem Zwecke wurde der Apparat zum Destillieren im luftverdünnten Raum eingerichtet. Die Kohlensäure wurde durch ein zur Kapillare ausgezogenes Rohr, welches zugleich das Thermometer enthielt, eingeleitet. Bei einem Druck von etwa 20 mm Quecksilber wurde dann destilliert, die Flüssigkeit siedete bei 33 bis 34°. — Die Ergebnisse sind aus den folgenden Versuchen zu ersehen.

[1]) Vergl. Jacobj und Walbaum, Zur Bestimmung der Grenze der Gesundheitsschädlichkeit der schwefligen Säure in Nahrungsmitteln. Arch. experim. Path. u. Pharm. 1906, Bd. 54, S. 432.

Harnmenge	Menge der durch Destillation erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)	
300 ccm Mischharn von mehreren Personen	im Destillat der 1. Stunde 4,1 mg " " " 2. " — " *)	*) Destillat durch Überschäumen verunreinigt
300 ccm desgl.	im Destillat der 1. Stunde 6,8 mg " " " 2. " 3,0 "	
300 ccm desgl.	im Destillat der 1. Stunde 1,4 mg " " " 2. " 3,5 " " " " 3. " 5,4 " " " " 4. " 1,7 " " " " 5. " 2,3 " " " " 6. " 2,2 " " " " 7. " 2,2 " " " " 8. " 3,2 " " " " 9. " 5,9 "	Nach der 4. Destillation blieb der Apparat mit Kohlensäure gefüllt bis zum nächsten Tage stehen, dann wurden die Destillationen 5—9 vorgenommen.

Eine viele Stunden lang fortdauernde Bildung von flüchtigen Schwefelverbindungen findet also auch bei der in den vorstehenden Versuchen angewendeten niedrigen Temperatur unter vermindertem Druck statt.

Destillation im Wasserstoffstrom. — Die Anwendung von Wasserstoff an Stelle der Kohlensäure zeigte keine Vorzüge, wie die folgenden Versuche ergaben.

Harn	Menge der durch 1 stündiges Destillieren erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)
je 300 ccm Mischharn ohne Säurezusatz	a) 3,8 mg b) 4,8 "
je 300 ccm Mischharn mit 20 ccm Phosphorsäure	a) 2,0 mg b) 2,1 "
je 300 ccm desgl.	a) 2,6 mg b) 2,4 "
300 ccm Mischharn mit 1 g Weinsäure	2,9 mg
300 ccm desgl.	4,2 mg
300 ccm Mischharn mit 10 ccm Essigsäure	3,1 mg

Destillation bei Gegenwart von Kupfer oder Kadmiumsalz. — Es schließen sich nun noch einige Versuche an, welche dahin zielten, die im Harn enthaltenen bezw. die während der Destillation entstehenden flüchtigen Schwefelverbindungen mit Metallsalzen zu binden und dadurch in nichtflüchtige Verbindungen überzuführen.

Harn	Menge der durch 1-stündiges Destillieren erhaltenen flüchtigen Schwefelverbindungen (als Baryumsulfat berechnet)
je 300 ccm Mischharn mit 25 ccm Phosphorsäure	
+ 1 g Kupfersulfat	4,8 mg
+ 1 g Cadmiumtartrat	5,4 „
je 300 ccm Mischharn mit 1 g Weinsäure	
+ 0,5 g Kupfersulfat	2,0 mg
+ 0,5 g Cadmiumtartrat	2,4 „
je 300 ccm Mischharn mit 1 g Weinsäure	
+ 0,5 g Kupferacetat	8,5 mg
+ 0,5 g Cadmiumtartrat	8,5 „
je 300 ccm Mischharn mit 25 ccm Phosphorsäure	
+ 1 g Kupfersulfat	a) 3,7 mg b) 5,2 „

Die Mengen der beim Destillieren von 300 ccm angesäuertem Harn erhaltenen Schwefelverbindungen entsprechen in 28 Versuchen 1,4 bis 8,5 mg Baryumsulfat oder, als Schwefel (S) berechnet, 0,19 bis 1,16 mg und betrugen im Mittel 0,56 mg Schwefel (S). Derselbe Harn ergab in Parallelversuchen bei genau gleicher Behandlung keine wesentlich verschiedenen Mengen; die größeren Differenzen bei verschiedenen Harnen sind wohl auf deren verschiedenartige Zusammensetzung zurückzuführen. Wie mitgeteilt wurde, gehen bei der Destillation längere Zeit hindurch flüchtige Schwefelverbindungen über, die durch fortdauernde Zersetzung nichtflüchtiger schwefelhaltiger Stoffe gebildet werden, aber nicht als solche im Harn enthalten sind. Solche beim Kochen von angesäuertem Harn allmählich sich zersetzende Schwefelverbindungen sind in verhältnismäßig beträchtlicher Menge vorhanden, sodaß die Menge der bei der Destillation gelieferten flüchtigen Schwefelverbindungen wohl mit der Dauer der Destillation wachsen kann, bei gleicher Destillationsdauer aber von der Harnmenge annähernd unabhängig ist, wie dies auch aus folgenden Versuchen zu schließen ist.

Von demselben Mischharn wurden verschiedene Mengen mit Wasser auf gleiche Volume gebracht und wie bei den früheren Versuchen mit Phosphorsäure im Kohlensäurestrom destilliert; dabei wurde im Destillat erhalten:

aus	400	ccm	Harn:	5,9	mg	Baryumsulfat
„	200	„	„	5,2	„	„
„	100	„	„	6,9	„	„
„	50	„	„	7,0	„	„
„	25	„	„	6,0	„	„
„	15	„	„	6,2	„	„

Fast gleiche Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen wurden also aus sehr verschiedenen Mengen desselben Harnes gewonnen.

Hierzu seien ferner die Baryumsulfatmengen aufgeführt, die bei den im zweiten Abschnitt dieser Abhandlung beschriebenen Ausscheidungsversuchen im Destillat der „Vorharne", mit Ausnahme von Versuch VII Harne derselben Person (F), erhalten wurden:

Versuch Nr.	Harnmenge ccm	Baryumsulfat mg
II	150	2,6
V	200	2,8
VI	300	1,1
VII	135	2,0
VIII	300	1,1
IX	240	4,0
X	120	6,2
XI	400	2,2
XII	97	4,2
XIII	148	2,5

Nach dem Ausfall sämtlicher hier aufgeführten Destillationsversuche konnte angenommen werden, daß bei allen normalen menschlichen Harnen eine derartige Abspaltung von flüchtigen Schwefelverbindungen stattfindet. Bestätigt wurde diese Annahme noch durch nachstehende Ergebnisse aus gleichzeitigen Destillationen der Harne von 7 verschiedenen Personen.

Harnmenge ccm	Versuchsperson	Flüchtige Schwefelverbindungen im Destillat (als Baryumsulfat berechnet) mg
250 (Vormittagsharn)	I	5,6
300 (desgl.)	II	6,6
300 (Morgenharn)	III	3,5
300 (Vormittagsharn)	IV	4,0
300 (desgl.)	V	5,2
280 (Morgenharn)	VI (Frau)	5,6
170 (desgl.)	VII (Kind 7 Jahre alt)	4,9

B. Bestimmung der Äther-Schwefelsäuren.

Die gepaarten Schwefelsäuren wurden nach den Angaben von Salkowski[1]) bestimmt.

C. Bestimmung der Gesamt-Schwefelsäure.

Die Gesamt-Schwefelsäure wurde, wie in der erwähnten Arbeit von G. Sonntag, in dem längere Zeit mit Salzsäure gekochten Harn ermittelt.

Die Sulfat-Schwefelsäure wurde als Differenz von Gesamt-Schwefelsäure und Äther-Schwefelsäuren berechnet.

[1]) vergl. E. Salkowski, Praktikum der physiologischen und pathologischen Chemie. 2. Aufl. S. 264.

D. Bestimmung des Gesamt-Schwefels.

Die Bestimmung des Gesamt-Schwefels wurde in der üblichen Weise im Aschenrückstand des Harnes vorgenommen.

Außerdem wurde auch der Kot auf seinen Schwefelgehalt untersucht. Es wurden stets die Kotmengen der zwei zu einer Periode gehörenden Tage, nachdem ihr Einzelgewicht im feuchten Zustande festgestellt worden war, vereinigt. Im vereinigten Kot wurde die Trockensubstanz und der Gesamt-Schwefel ermittelt.

Ergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind in den folgenden beiden Tabellen 2 und 3 niedergelegt. Tabelle 2 enthält die Angaben über das Körpergewicht, die Kotmengen, Harnmengen und das spez. Gewicht der Harne an den einzelnen Tagen des Versuchs. Tabelle 3 bringt die ermittelten analytischen Werte.

Tabelle 2.

Körpergewicht, Mengen und spezifische Gewichte der Harne, Kotmengen.

1	2	3	4					5	
			Harn					Kot	
Versuchstage	Zusatz zur Nahrung	Körpergewicht	Von 9 Uhr morg. bis 2 Uhr nachm.		Von 2 Uhr nachm. bis 9 Uhr morg.		Gesamtmenge	feucht	trocken
			Menge	Spez. Gew.	Menge	Spez. Gew.			
	g	g	g		g		g	g	g
1		83 880	401	1,020	681	1,027	1082	38	43.5
2		83 550	233	1,024	761	1,027	994	123	
I 3		83 400	245	1,024	800	1,027	1045	80	61,9
I 4		83 000	221	1,024	735	1,027	956	100	
Mittel			233		767,5		1001	90	
II 5	Acetaldehydschwefligsaures Natrium 3,155	82 900	242	1,028	644	1,029	886	56	49,9
II 6	Acetaldehydschwefligsaures Natrium 3,155	83 100	292	1,026	822	1,026	1114	50	
Mittel			267		733		1000	53	
III 7		83 000	207	1,025	924	1,020	1131	111	89,2
III 8		83 100	219	1,024	934	1,022	1153	80	
Mittel			213		929		1142	95,5	
IV 9	neutrales schwefligsaures Natrium 5,801	82 820	236	1,029	730	1,027	966	248	141,2
IV 10	neutrales schwefligsaures Natrium 5,801	82 800	240	1,030	772	1,027	1012	202	
Mittel			238		757		989	225	
V 11		82 700	152	1,027	792	1,023	944	98	81,9
V 12		82 650	167	1,027	855	1,025	1022	216	
Mittel			159,5		823,5		983	157	

Das Körpergewicht sinkt während der Versuchszeit von 83880 g auf 82650 g herab. Die Abnahme an den vier dem Versuchsabschnitt (II) voraufgehenden Tagen um 880 g beweist, daß die für den Versuch gewählte Nahrung nicht völlig ausgereicht hatte, um den Körper auf dem Gewichtszustand der vorhergehenden Zeit zu erhalten. Das Gewicht am 4. Tage im Betrage von 83000 g dürfte das der Versuchsnahrung entsprechende Gewicht sein, da es in der Folge bis zum 8. Tage nach oben und unten nur um 100 g schwankte. Am 9. und 10. Tage sinkt es unbedeutend, während sich am 11. und 12. Tage als Nachwirkung der schweren Darmstörung eine stärkere Abnahme bemerkbar macht.

Was die Kotausscheidung anlangt, so ist die Trockensubstanz während der Sulfitperiode (IV) beträchtlich erhöht, ebenso auch der Wassergehalt in dieser (IV) und der Schlußperiode (V); eine solche Steigerung ist dagegen nicht in der Aldehydsulfitperiode eingetreten. Die Mehrausscheidung von fester Substanz und Wasser in der Sulfitperiode ist die Folge der vorher geschilderten Erkrankung in der Periode IV. Die Menge des feuchten Kotes während des ersten Sulfittages von 248 g, der höchsten Menge während des ganzen Versuches, lehrt, daß auch schon an diesem Tage der Einfluß des neutralen schwefligsauren Natriums sich geltend gemacht hat, obwohl es zu einer zweiten Darmentleerung an diesem Tag nicht kam. Auch die große S-Menge im Kot der Sulfitperiode (0,405 g; s. S. 243) ist durch die Darmstörung zu erklären.

Die Harnmenge der ersten fünf Stunden ist in der Aldehydsulfitperiode (II) im Durchschnitt um 34 g größer als in der Vorperiode, desgleichen in der Sulfitperiode (IV) um 25 g größer als in der vorangehenden Periode (III). In der Nachperiode ist die Menge des am Vormittage ausgeschiedenen Harnes am geringsten (159,5 g). Die Gesamtmenge ist am kleinsten in der Nachperiode (983 g), am höchsten mit 1142 g in der Zwischenperiode. Die Mengen in der Vorperiode und in den beiden Versuchsperioden sind 1001, 1000 und 989 g. Die Werte für das spezifische Gewicht schwanken zwischen 1,024 und 1,030.

Bei Erörterung der nachstehenden Tabelle 3 (S. 242 u. 243) interessiert es zunächst, zu wissen, ob tatsächlich nach der Einnahme der beiden Sulfitpräparate schweflige Säure als solche mit dem Harn ausgeschieden worden ist. In den Normalperioden wurden als flüchtige, in das Destillat übergegangene Schwefelverbindungen bestimmt und als schweflige Säure berechnet: in der Vorperiode 0,017 g, in der Zwischenperiode 0,020 g und in der Schlußperiode 0,026 g. Die entsprechenden Werte betrugen in der Aldehydsulfitperiode (II) 0,020 g und in der Sulfitperiode (IV) 0,019 g. Es ist also in den beiden Versuchsabschnitten eine Erhöhung der Werte für die flüchtigen Schwefelverbindungen des Harnes gegenüber den Normalperioden nicht eingetreten. Schweflige Säure ist demnach in quantitativ bestimmbarer Menge nicht im Harn aufgefunden worden. Hieraus darf allerdings noch nicht der Schluß gezogen werden, daß schweflige Säure überhaupt nicht bei diesem Versuch in den Harn gelangt war. Besondere, später zu beschreibende Versuche haben vielmehr gezeigt, daß in der Tat nach Einnahme von Sulfit schweflige Säure in den Harn übergeht und durch geeignete Versuchsanstellung nachgewiesen werden kann.

Tabelle 3.

Die Ausscheidung des mit der Nahrung eingeführten acetaldehyd-

1	2	3			4			
		Eingeführte Menge Schwefel (S)			Ausgeschiedene Menge			
					durch den Harn			
					als Sulfit (durch Destillation bestimmt)			
Versuchstage	Zusatz zur Nahrung g	in der Nahrung g	im Sulfit g	Gesamtmenge g	von 9 Uhr morgens bis 2 Uhr nachm. g	von 2 Uhr nachm. bis 9 Uhr morgens g	als Ätherschwefelsäure g	als Sulfatschwefelsäure g
1		1,062		1,062	0,006	0,004	0,105	0,661
2		1,042		1,042	0,005	0,004	0,092	0,637
I { 3		1,042		1,042	0,005	0,004	0,115	0,522
I { 4		1,042		1,042	0,004	0,004	0,112	0,580
Mittel:				**1,042**	0,005	0,004	**0,114**	**0,551**
					0,009			
II { 5	Acetaldehydschwefligsaures Natrium 3,155	1,005	0,658	1,663	0,005	0,006	0,104	1,193
II { 6	3,155	1,005	0,658	1,663	0,005	0,004	0,114	1,176
Mittel:				**1,663**	0,005	0,005	**0,109**	**1,185**
					0,010			
III { 7		1,005		1,005	0,005	0,004	0,122	0,535
III { 8		1,005		·1,005	0,004	0,005	0,130	0,564
Mittel:				**1,005**	0,005	0,005	**0,126**	**0,550**
					0,010			
IV { 9	Natriumsulfit 5,801	1,037	0,735	1,772	0,004	0,004	0,117	1,368
IV { 10	5,801	1,037	0,735	1,772	0,006	0,004	0,098	1,393
Mittel:				**1,772**	0,005	0,004	**0,108**	**1,381**
					0,009			
V { 11		1,037		1,037	0,007	0,006	0,093	0,514
V { 12		1,037		1,037	0,004	0,008	0,098	0,705
Mittel:				**1,037**	0,006	0,007	**0,096**	**0,610**
					0,013			

Bezüglich des **Gesamt-Schwefels und der Schwefel-Bilanz** ist folgendes zu bemerken: Die Mittelzahlen für die im Harn (Spalte 4) erscheinenden Gesamtmengen Schwefel sind in den beiden Sulfitperioden die gleichen (1,484 g und 1,485 g); die Werte für die drei übrigen Perioden bewegen sich in nicht zu weiten Grenzen (0,943 g, 0,903 g und 0,975 g). — Die Menge des im Kot ausgeschiedenen Schwefels (Spalte 4) geht annähernd parallel mit dem Trockengehalt:

schwefligsauren Natriums und neutralen schwefligsauren Natriums.

Schwefel (S)			5 Schwefel (S)-Bilanz		6 Schweflige Säure (SO_2)			
						Aus der im Destillat gefundenen Menge Schwefelsäure als SO_2 berechnet		
Gesamtmenge g	durch den Kot g	Gesamtmenge g	in absoluten Werten	in % des eingeführten Schwefels (S)	eingeführt g	von 9 Uhr morgens bis 2 Uhr nachmittags g	von 2 Uhr nachmittags bis 9 Uhr morgens g	Gesamtmenge g
0,934	0,129	1,063	+ 0,001	100,1		0,012	0,008	0,020
0,877	0,129	1,006	— 0,036	96,5		0,009	0,007	0,016
0,946	0,163	1,109	+ 0,067	106,4		0,009	0,007	0,016
0,940	0,163	1,103	+ 0,061	105,9		0,009	0,009	0,018
0,943	**0,163**	**1,106**	**+ 0,064**	**106,1**		**0,009**	**0,008**	**0,017**
1,466	0,131	1,597	— 0,066	96,0	1,300	0,010	0,012	0,022
1,501	0,131	1,632	— 0,031	98,1	1,300	0,010	0,008	0,018
1,484	**0,131**	**1,615**	**— 0,049**	**97,1**	**1,300**	**0,010**	**0,010**	**0,020**
0,845	0,227	1,072	+ 0,067	106,7		0,010	0,009	0,019
0,960	0,227	1,187	+ 0,182	118,1		0,009	0,011	0,020
0,903	**0,227**	**1,130**	**+ 0,125**	**112,4**		**0,010**	**0,010**	**0,020**
1,311	0,405	1,716	— 0,056	96,8	1,300	0,009	0,008	0,017
1,659	0,405	2,064	+ 0,292	116,5	1,300	0,011	0,009	0,020
1,485	**0,405**	**1,890**	**+ 0,118**	**106,7**	**1,300**	**0,010**	**0,009**	**0,019**
0,870	0,234	1,104	+ 0,067	106,5		0,014	0,012	0,026
1,079	0,234	1,313	+ 0,276	126,6		0,009	0,016	0,025
0,975	**0,234**	**1,209**	**+ 0,172**	**116,6**		**0,012**	**0,014**	**0,026**

Periode	Trockengehalt	Schwefel
I	61,9 g	0,163 g
II	49,9 „	0,131 „
III	89,2 „	0,227 „
IV	141,2 „	0,405 „
V	81,9 „	0,234 „

Die erhöhte Schwefelausfuhr in der Sulfitperiode (IV) ist nicht die Folge einer Sulfitwirkung, sondern der durch das Sulfit veranlaßten Darmstörung.

Die aufgestellte Bilanz zwischen der Menge des eingeführten und des im Harn und Kot wieder ausgeschiedenen Schwefels zeigt, daß die Werte in

Vorperiode	I	. . . . 106,1 %	
Versuchsperiode	II	. . . . 97,1 „	
Zwischenperiode	III	. . . . 112,4 „	
Versuchsperiode	IV	. . . . 106,7 „	
Nachperiode	V	. . . . 116,6 „	betragen.

Unter Berücksichtigung der Versuchsschwierigkeiten müssen diese Zahlen als befriedigend bezeichnet werden. Der mit den Schwefligsäure-Präparaten eingeführte Schwefel wurde demnach im Gesamt-Schwefel des Harnes und Kotes wiedergefunden.

Was die **gepaarten Schwefelsäuren und die freie Schwefelsäure** anlangt, so sind die Mittelwerte für die mit dem Harn ausgeschiedenen Äther-Schwefelsäuremengen in den beiden Versuchsabschnitten (II und IV) dieselben (0,109 g und 0,108 g). In der Vorperiode beträgt die Mittelzahl 0,114 g; in der Zwischenperiode steigt sie auf 0,126 g und sinkt in der Nachperiode auf 0,096 g. Es läßt sich also ein Einfluß der verabfolgten Sulfitgaben in einer vermehrten oder verminderten Bildung der Äther-Schwefelsäuren in diesem Versuch nicht erkennen.

Im Einklang mit dem Ausfall der Schwefel-Bilanz stehen auch die Werte für die Sulfatschwefelsäure. Die Sulfatausscheidung vollzieht sich in den sulfitfreien Abschnitten (I, III, V) annähernd gleichmäßig. Sie beläuft sich in der Vorperiode auf 0,551 g, in der Zwischenperiode auf 0,550 g und steigt in der Nachperiode auf 0,610 g. Die Erhöhung der Sulfatausscheidung in den Sulfitperioden (II, IV) entspricht den Mengen Sulfat, welche durch die Oxydation des eingeführten Sulfits zu Sulfat entstehen, unter Einbeziehung der kleinen Menge des in den Sulfitpräparaten enthaltenen Sulfats.

II. Versuche über den Ablauf der Sulfitausscheidung.

Bei der von uns getroffenen Versuchsanordnung war es, wie erwähnt, nicht gelungen, nach Einführung der schwefligsauren Präparate schweflige Säure im Harn quantitativ nachzuweisen. Dieser Befund konnte möglicherweise darin seine Ursache haben, daß kleine Mengen schwefliger Säure im Harn beim Verweilen desselben in der Blase und längeren Stehen der ersten Harnportion oxydiert worden waren. Diese Überlegung veranlaßte uns, weitere Versuche anzustellen, in denen der Harn möglichst bald nach der Aufnahme des Sulfits und in kurzen darauf folgenden Zeiträumen (5 Minuten bis eine Viertelstunde) entleert und in diesen einzelnen Mengen sofort untersucht wurde.

Zum Nachweis der schwefligen Säure diente die Reaktion mit jodsaurem Kalium in folgender Ausführung[1]). Die zu untersuchende Harnprobe wird in ein flaches Glasschälchen von etwa 5 ccm Inhalt gegossen, mit Phosphorsäure angesäuert, umgerührt und mit einer Glasplatte bedeckt, auf deren untere Seite ein Tropfen Kaliumjodat-

[1]) H. Schmidt, Über das Vorkommen der schwefligen Säure in Dörrobst und einigen anderen Lebensmitteln. Diese Arbeiten 1904, Bd. 21. S. 231.

Stärke-Lösung gebracht wurde. Zwischen Glasplatte und Flüssigkeitsoberfläche wird ein möglichst kleiner Raum gelassen. Bei Anwesenheit von schwefliger Säure färbt sich der Tropfen vom Rande her beginnend durch das freiwerdende Jod blau ($2\,KJO_3 + 5\,SO_2 + 4\,H_2O = 2\,J + 4\,H_2SO_4 + K_2SO_4$). Über die Empfindlichkeit dieser Reaktion unter den hier obwaltenden Versuchsbedingungen geben nachstehende zwei Versuchsreihen Aufschluß:

100 ccm Menschenharn wurden mit verschiedenen Mengen einer wässerigen Natriumsulfitlösung von bekanntem, durch Titration kurz vorher bestimmten Gehalt an schwefliger Säure versetzt. Von den Mischungen wurden je 5 ccm geprüft.

Probe a)	bei Harn, der in	100 ccm	0,005 g SO_2	enthielt, Reaktion nach	1 Min.
	„ „ „ „	100 „	0,0025 g SO_2	„ „ „	1 „
	„ „ „ „	100 „	0,0015 g SO_2	„ „ „	2 „
	„ „ „ „	100 „	0,001 g SO_2	„ „ „	2 „
	„ „ „ „	100 „	0,0005 g SO_2	„ „ „	4½ „
	„ „ „ „	100 „	0,00025 g SO_2	„ „ „	15 „
Probe b)	„ „ „ „	100 „	0,0005 g SO_2	„ „ „	3 „
Probe c)	„ „ „ „	100 „	0,0005 g SO_2	„ „ „	5 „
	„ „ „ „	100 „	0,00025 g SO_2	„ keine Reaktion	
Probe d)	„ „ „ „	100 „	0,00025 g SO_2	„ schwache Reaktion nach ½ Stunde.	

Die Grenze der Nachweisbarkeit der schwefligen Säure im Harn mittels des beschriebenen Verfahrens liegt demnach bei etwa 0,0005 g SO_2 in 100 ccm Harn, wobei die Reaktion in 4—5 Minuten eintritt.

Mit einer Ausnahme wurden die im Anschluß an den früher beschriebenen Ausscheidungsversuch angestellten Untersuchungen, bei denen neutrales schwefligsaures Natrium, und formaldehydschwefligsaures, acetaldehydschwefligsaures und glukoseschwefligsaures Natrium Verwendung fanden, wiederum an derselben Person (F.) angestellt. Die Menge des jedesmal eingeführten Natriumsulfits betrug 4 g, in einem Falle 3 g. Die Salze wurden in Oblaten genommen und mit Wasser hinuntergeschluckt. Gleich hinterher wurde ein Butterbrot verzehrt. Unmittelbar vor der Einnahme des Sulfits war der Harn (Vorharn) zur Abgrenzung entleert und ebenfalls der beschriebenen qualitativen Prüfung unterzogen worden. Niemals ist bei allen diesen Versuchen die Reaktion auf schweflige Säure im Vorharn eingetreten.

Versuch I.

(Versuchsperson F. 31. I. 1905). 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Dazu 200 ccm Wasser getrunken. — Entleerung des Harnes während der ersten Stunde in Zwischenräumen von 10, später von 20 Minuten.

Harn entleert nach:	Reaktion auf SO_2:
10 Minuten	keine Reaktion
20 „	Reaktion nach ½ Minute
30 „	Reaktion sofort
40 „	„
50 „	„
60 „	„

Harn entleert nach:	Reaktion auf SO_2:
80 Minuten	Reaktion ganz schwach
100 „	keine Reaktion.

Durch diesen Versuch ist festgestellt, daß schweflige Säure nach Einführung von Sulfit in den Magen in den Harn übergeht. In vorliegendem Fall konnte sie darin in den während der ersten 80 Minuten entleerten Harnmengen nachgewiesen werden.

Die bei den Harnportionen von 20—60 Minuten sofort eintretende und somit das Vorhandensein einer verhältnismäßig großen Menge SO_2 andeutende Reaktion ließ hoffen, daß es gelingen könnte, die in den Harn der ersten Stunde nach Sulfiteinnahme übergehende schweflige Säure auch quantitativ zu bestimmen. Im folgenden Versuch wurden die Harnmengen der beiden ersten Stunden nach dem im ersten Abschnitt (S. 234) beschriebenen Verfahren der Destillation unterworfen; gleichzeitig wurde qualitativ geprüft, ob diese Harnmengen SO_2 enthielten. In gleicher Weise wurde der Vorharn und der Harn der 3. Stunde (Nachharn) untersucht.

Versuch II.

4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate um 12^{40} p. m.

Je 200 ccm Wasser getrunken um 12^{40}, 1^{00}, 1^{25}, 2^{00} (insgesamt 800 ccm in 1 Std. 20 Min.)

Versuchsperson F. 2. II. 1905	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	erhaltene Menge $BaSO_4$ g	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von $10^{00}-12^{40}$)	150	keine Reaktion	0,0026	—
Harn nach Sulfiteinnahme:				
1. Stunde ($12^{40}-1^{40}$)	80	Reaktion nach 1 Min.	0,0072	0,0016
2. Stunde ($1^{40}-2^{40}$)	48	„ „ 4 „	0,0035	0,0007
Nachharn (von $2^{40}-3^{40}$)	226	keine Reaktion	0,0022	—

Wie bei den früheren Destillationsversuchen hat sich auch in diesem Versuch bei dem normalen Vorharn und dem nicht mehr sulfithaltigen Nachharn ein Destillat ergeben, das Baryumsulfat lieferte. Von den aus den erhaltenen Baryumsulfatmengen für die beiden sulfithaltigen Harne als schweflige Säure berechneten Werten ist also ein Teil auf Rechnung der normalerweise überdestillierenden Schwefelverbindungen zu setzen.

Da die Baryumsulfatmengen im Destillat der durch die qualitative Prüfung als sulfithaltig erkannten Harne der beiden ersten Stunden deutlich höher sind, so war anzunehmen, daß dieser Überschuß dem Gehalt an schwefliger Säure entsprach.

Man ist nun aber nicht berechtigt, die aus dem normalen Harn überdestillierte Menge flüchtiger Schwefelverbindungen von der aus den Versuchsharnen (selbst bei derselben Person oder beim jeweiligen Versuch) gewonnenen Menge in Abzug zu bringen, indem man für den Vorharn einen Normalwert für die Volumeinheit ableitet und diesen von den verschiedenen Mengen der Versuchsharne abzieht, da ja (vergl. S. 238) bei gleicher Destillationsdauer aus kleinen Harnmengen die gleichen Mengen von flüchtigen Schwefelverbindungen überdestillieren können, wie aus größeren Mengen desselben Harnes.

Der Versuch II hat ergeben, daß in dem Stundenharn schweflige Säure zwar vorhanden war, jedoch in so geringer Menge, daß sie quantitativ nicht mit Sicherheit bestimmt werden konnte. Die Vermutung, daß eine etwa in den Harn gelangte größere Menge Sulfit im Laufe einer Stunde bis auf einen kleinen Rest oxydiert worden war, führte nunmehr dazu, die Untersuchungen in noch kürzeren Zeitabschnitten vorzunehmen. In allen folgenden Versuchen wurde deshalb der viertelstündlich nach der Sulfiteinnahme gelassene Harn analysiert.

Versuch III [1]).

4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Je 200 ccm Wasser zu Beginn jeder Viertelstunde der ersten Stunde getrunken (800 ccm innerhalb der ersten 45 Minuten).

Versuchsperson F. 6. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat: erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat: erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 11^{00}—12^{45})	—	keine Reaktion	—	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	62	nach ½ Minute	0,0099	0,0027
2. „	59	sofort	0,0355	0,0097
3. „	35	sofort	0,0121	0,0033
4. „	68	sofort	0,0087	0,0024
Harn entleert				
nach 70 Minuten	—	nach 3 Minuten	—	—
„ 80 „	—	nach 15 „	—	—
„ 90 „	—	keine Reaktion	—	—

Versuch IV.

3 g Natriumsulfit (0,72 g SO_2) in Oblate um 12^{30} p. m.

Je 200 ccm Wasser um 12^{30}, 12^{35}, 12^{40}, 12^{45}, 12^{55}, 1^{00} getrunken (1200 ccm innerhalb der ersten 30 Minuten).

Versuchsperson F. 8. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat: erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat: erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von der vorhergehenden Stunde).	400	keine Reaktion	Spur (nicht bestimmt)	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	20	nach 4 Minuten	0,0046	0,0013
2 „	20	sofort	0,0064	0,0018
3. „	26	sofort	0,0046	0,0013
4. „	80	nach 1 Minute	0,0056	0,0015
Harn entleert				
während der 2. Stunde	740	nach 20 Minuten	0,0104	0,0029
„ „ 3. „	160	keine Reaktion	0,0040	—

[1]) Die graphische Darstellung der Baryumsulfatmengen im Destillat des Harns der Versuche III bis XIII und XVI siehe später.

Versuch V. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Je 200 ccm Wasser zu Beginn der ersten 5 Viertelstunden getrunken (1000 ccm innerhalb 1 Stunde).

Versuchsperson F. 15. II. 1905.	Harnmenge	Reaktion auf SO_2	Im Destillat	
			erhaltene Menge $BaSO_4$	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet
	ccm		g	g
Vorharn (von 1½ Stunden)	200	keine Reaktion	0,0028	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	35	nach ¾ Minuten	0,0022	0,0006
2. "	36	sofort	**0,0232**	**0,0064**
3. "	44	sofort	0,0150	0,0041
4. "	35	sofort	0,0055	0,0015
Harn entleert während der 2. Stunde	270	nach 2½ Minuten	0,0052	0,0014
" " 3. "	80	keine Reaktion	—	

Versuch VI. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Innerhalb 1¾ Stunden vor dem Versuch 1100 ccm Wasser getrunken, bei Beginn und nach ½ Stunde je 200 ccm Wasser.

Versuchsperson F. 10. III. 1905.	Harnmenge	Reaktion auf SO_2	Im Destillat	
			erhaltene Menge $BaSO_4$	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet
	ccm		g	g
Vorharn	300	keine Reaktion	0,0011	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	220	nach 3 Minuten	0,0080	0,0022
2. "	80	" 3 "	**0,0094**	**0,0026**
3. "	58	" 1½ "	**0,0088**	**0,0024**
4. "	60	" 15 "	0,0034	0,0009

Diese 4 Versuche (III—VI) stimmen in bezug auf den Ausfall der qualitativen Prüfung mit Versuch I überein; ferner gab wie in dem Stundenversuch II auch in den Versuchen III, IV und V der in der 2. Stunde entleerte Harn noch die Reaktion auf schweflige Säure; in dem Harn der 3. Stunde wurde eine Reaktion nicht mehr erhalten. — Was die Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen anlangt, so zeigten die Baryumsulfatmengen aus den viertelstündigen Versuchsharnen gegenüber denen des Stundenversuches nicht die erwartete Steigerung; sie gehen über 35,5 mg, entsprechend 9,7 mg SO_2 (Versuch III), nicht hinaus. Es waren also auch dann nur geringe Mengen Sulfit im Harn vorhanden, wenn er in Zwischenräumen von 15 Minuten entleert worden war und deshalb nur kurze Zeit in der Harnblase verweilt haben konnte. Der Anteil des aufgenommenen Sulfits, der beim Durchgang durch den Körper der Oxydation entgeht und als Sulfit mit dem Harn den Körper verläßt, ist somit außerordentlich gering und kann mangels eines sicheren Bestimmungsverfahrens für so kleine Mengen in einem prozentualen Verhältnis nicht angegeben werden.

Immerhin geben die in den Tabellen vermerkten Zeiten für den Eintritt der

qualitativen Reaktion eine Vorstellung von dem Verlauf der Ausscheidung des nicht oxydierten Sulfits aus dem Körper. Es ist anzunehmen, daß, abgesehen von den Fällen, in denen die sofort auftretende Blaufärbnng des Kaliumjodatstärketropfens einen erheblichen Gehalt an Sulfit anzeigt, die Reaktion um so später auftreten wird, je weniger Sulfit im Harn enthalten ist, wie auch die an Harn mit Zusatz von Sulfit angestellten Prüfungen über die Empfindlichkeit der Reaktion (S. 245) erkennen lassen.

Die Ergebnisse der Sulfatbestimmungen in den Destillaten der sulfithaltigen Harne stehen mit dem mehr oder weniger verzögerten Eintritt der qualitativen Reaktion nicht immer im Einklang, was sich ja auch aus den verschiedenen Mengen der bei der Destillation der jeweiligen, nach Menge und Beschaffenheit verschiedenen Versuchsharne entstehenden flüchtigen Schwefelverbindungen erklärt. Die aus den Baryumsulfatmengen berechneten Werte für SO_2 sind stets um einen, den in jedem Falle mit überdestillierenden flüchtigen Schwefelverbindungen entsprechenden, aber nicht zu ermittelnden Betrag zu hoch. Nur im Zusammenhang mit dem Ausfall der qualitativen Reaktion betrachtet vermögen sie ein annähernd richtiges Bild von dem quantitativen Ablauf der Sulfitausscheidung zu geben. Demnach ist die Ausscheidung am größten in der 2. Viertelstunde nach der Aufnahme des Sulfits. Die höchsten Werte wurden in den Versuchen III und V erhalten, die in keinem anderen Versuche wieder erreicht wurden. Da bei der in Versuch III nach Einnahme von 0,96 g SO_2 im Harn wiedergefundenen Höchstmenge von 9,7 mg SO_2 noch ein Abzug für andere flüchtige Schwefelverbindungen gemacht werden müßte, so beträgt die Menge der ausgeschiedenen SO_2 noch nicht 1% der eingenommenen.

Bei einer zweiten Versuchsperson (Versuch VII) wurden ähnliche Zahlenwerte nach Einnahme von 4 g Natriumsulfit gefunden. Auch hier sind die Zahlen eindeutig; die höchsten Werte waren ebenfalls in der 2. Viertelstunde erreicht. Bei dieser Versuchsperson traten bald nach der Sulfiteinnahme schwere Störungen im Befinden auf, die bei einer späteren Gelegenheit beschrieben werden sollen.

Versuch VII. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Von der 3. Viertelstunde ab allmählich 400 ccm Tee getrunken. (Während des Versuches traten u. a. schwere Störungen, wiederholtes Erbrechen und profuse Diarrhöen, auf.)

Versuchsperson R. 7. II. 1905.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn	135	keine Reaktion	0,0020	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	22,5	keine Reaktion	0,0066	0,0017
2. „	17,0	sofort	**0,0094**	**0,0026**
3. „	12,0	sofort	0,0062	0,0017
4. „	11,0	positiv [1])	0,0041	0,0011
Nachharn entleert in den folgenden 3 Stunden	98,0	—	0,0076	—

[1]) Der Zeitpunkt des Eintritts der Reaktion ist nicht festgestellt worden.

In den Selbstversuchen an F. sind verhältnismäßig erhebliche Wassermengen dem Körper zugeführt worden, deren Hauptausscheidung bekanntlich in die 2. und 3. Stunde nach der Sulfiteinnahme fällt, wie wir auch bei den zahlreichen Versuchen über die Ausscheidung der Borsäure von neuem gesehen haben[1]). Da mit der Möglichkeit zu rechnen war, daß durch eine starke Durchspülung des Körpers die Oxydation des Sulfits beeinflußt werden konnte, wurde in dem folgenden Versuch VIII das Sulfit erst mit dem Einsetzen der stärksten Diurese genommen; doch blieben auch unter diesen Verhältnissen die Mengen flüchtiger Schwefelverbindungen, als SO_2 berechnet, gegenüber den anderen Versuchen unverändert.

Versuch VIII. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

In den vorhergehenden $1^1/_2$ Stunden insgesamt 900 ccm Wasser, zu Beginn der 4 Viertelstunden je 200 ccm Wasser getrunken.

Versuchsperson F. 12. III. 1905.	Harnmenge	Reaktion auf SO_2 *)	Im Destillat	
			erhaltene Menge $BaSO_4$	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet
	ccm		g	g
Vorharn	300	—	0,0011	0,0003
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	335	positiv	0,0034	0,0009
2. „	265	positiv	**0,0176**	**0,0048**
3. „	265	positiv	**0,0186**	**0,0051**
4. „	290	positiv	0,0081	0,0022

*) Der Zeitpunkt des Eintritts der Reaktion ist nicht festgestellt worden.

Nach einer Unterbrechung von 2 Jahren wurden die vorbeschriebenen Viertelstundenversuche an derselben Versuchsperson F. wiederholt und nach einigen Richtungen hin erweitert (Versuch IX—XII).

Versuch IX. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

200 ccm Milch bei Beginn des Versuches getrunken.

Versuchsperson F. 13. VI. 1907	Harnmenge	Reaktion auf SO_2	Im Destillat	
			erhaltene Menge $BaSO_4$	erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet
	ccm		g	g
Vorharn (von $1^3/_4$ Stunden)	240	keine Reaktion	0,0040	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	47	keine Reaktion	0,0027	—
2. „	65	nach 3 Min.	0,0055	0,0015
3 „	54	„ $1^1/_2$ „	0,0038	0,0010
4. „	53	„ $2^3/_4$ „	**0,0079**	**0,0022**
5 „	17,5	„ $4^1/_4$ „	0,0044	0,0012
Nachharn:				
6 Viertelstunde	8	keine Reaktion	—	—

[1]) G. Sonntag, Über die quantitative Untersuchung des Ablaufs der Borsäureausscheidung aus dem menschlichen Körper. Diese Arbeiten 1902, Bd. 19, S. 110.
E. Rost, Zur Kenntnis der Ausscheidung der Borsäure. Archives internationales de pharmaco-dynamie et de thérapie 1905, Bd 15, S. 291.

Ein weiterer Versuch (X), bei dem die Flüssigkeitszufuhr in den vorhergehenden $2^1/_4$ Stunden und während des Versuches gänzlich unterblieb, zeigte in seinem Ergebnis keinen bemerkenswerten Unterschied. Die SO_2-Reaktion war noch in der 6. Viertelstunde positiv.

Versuch X. 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Letzte Flüssigkeitsaufnahme (250 ccm Kaffeeaufguß) $2^1/_4$ Stunden vor Anstellung des Versuches. Während des Versuches keine Flüssigkeit zugeführt.

Versuchsperson F. 18. VI. 1907	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von $2^1/_4$ Stunden)	120	keine Reaktion	0,0062	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	15,5	keine Reaktion	0,0042	—
2. „	26,0	nach 30 Sekunden	0,0100	0,0027
3. „	17,5	„ 15 „	0,0075	0,0021
4. „	17,5	„ 20 „	0,0056	0,0015
5. „	21,0	„ 20 „	0,0078	0,0021
6. „	16,0	„ $1^1/_4$ Minuten	0,0050	0,0014
Nachharn				
7. Viertelstunde:	13,5	keine Reaktion	0,0073	—
8. „	12,0	„	—	—

Um zur Kontrolle nochmals den etwaigen Einfluß einer starken Diurese zu prüfen, wurde in Versuch XI die Ausscheidung von 4 g Natriumsulfit nach dem vorangegangenen Genuß von 1 Liter Pilsener Bier verfolgt.

Versuch XI. 1 Liter Pilsener Bier wird in 10 Minuten ausgetrunken. 1 Stunde später 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Versuchsperson F. 27. VI. 1907	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 1 Stunde)	400	keine Reaktion	0,0022	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	290	nach 15 Minuten	0,0036	0,0010
2. „	160	„ 4 „	0,0035	0,0010
3. „	38	„ 5 „	0,0050	0,0014
4. „	49	„ 10 „	0,0055	0,0015
5. „	29	„ 6 „	—	— *)
6 „	21	„ 4 „	0,0052	0,0014
Nachharn:				
7. Viertelstunde	17	keine Reaktion	0,0035	—
8. „	19	„	—	—

*) Die Bestimmung ist verunglückt.

Die Diurese hat nach der 2. Viertelstunde des Versuches bereits stark nachgelassen. Eine Beeinflussung der Sulfitausscheidung konnte nicht wahrgenommen werden. Es ist aber zu bemerken, daß im Gegensatz zu den übrigen Versuchen dieser später angestellten 2. Versuchsreihe die SO_2-Reaktion, wie schon erwähnt, bereits in der 1. Viertelstunde eintrat. Ebenso wie in dem vorhergehenden Versuch mit Vermeidung einer Diurese ist sie noch in der 6. Viertelstunde positiv.

Weiterhin wurde versucht, ob nicht höhere SO_2-Werte im Harn erhalten würden, wenn das Sulfit mit einem Mucilaginosum genommen wurde.

Versuch XII.

1000 ccm Decoctum Althaeae (aus 70 g Radix Althaeae mit etwas Kochsalz) werden in 5 Minuten ausgetrunken. Mit dem letzten Schluck 4 g Natriumsulfit (0,96 g SO_2) in Oblate.

Versuchsperson F. 29. VI. 07.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 1¼ Stunden)	97	keine Reaktion	0,0042	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	20	keine Reaktion	0,0054	—
2. „	48	nach ¾ Minuten	0,0070	0,0019
3. „	29	sofort	0,0107	0,0029
4. „	33	nach 15 Sekunden	**0,0128**	**0,0034**
5. „	29	„ 35 „	0,0048	0,0013
6. „	21	„ 45 „	0,0036	0,0010
7. „	22	„ 1¾ Minuten	0,0039	0,0011
Nachharn:				
8. Viertelstunde	15	keine Reaktion	0,0028	—

Die unter den Bedingungen des Versuches XII für die schweflige Säure erhaltenen Werte unterscheiden sich nicht von denen der übrigen Versuche. Es scheint aber, als ob die Ausscheidung der schwefligen Säure ein wenig verzögert ist; der Harn ergab noch in der 7. Viertelstunde die Reaktion auf schweflige Säure [1]).

In nachstehender Tabelle sind zum Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Versuche die erhaltenen $BaSO_4$ - Mengen in Verbindung mit dem Ausfall der quali-

[1]) Während nach der Aufnahme von 1 Liter Wasser die gesamte Flüssigkeitsmenge im Verlauf von 5 Stunden wieder ausgeschieden wird, soll nach den Angaben v. Tappeiners (Arzneimittellehre, 1907, S. 43) nach der Einnahme von 1 Liter schleimhaltiger Flüssigkeit die Wasserausscheidung in 5 Stunden wenig mehr als ½ bis ⅔ der aufgenommenen Flüssigkeit betragen. In Versuch XII wurden ausgeschieden:

in der 1. Stunde	130 ccm
„ „ 2. „	97 „
„ „ 3. „	58 „
„ „ 4. „	40 „
„ „ 5. „	40 „
insgesamt in 5 Stunden	365 ccm,

also sogar nur etwa ⅓ der aufgenommenen schleimhaltigen Flüssigkeit.

tativen Prüfung auf SO_2 zusammengestellt, wobei + das Auftreten, — das Ausbleiben der SO_2-Reaktion bedeutet.

Nr. des Versuches.	Viertelstunden							
	1. g $BaSO_4$	2. g $BaSO_4$	3. g $BaSO_4$	4. g $BaSO_4$	5. g $BaSO_4$	6. g $BaSO_4$	7. g $BaSO_4$	8. g $BaSO_4$
III	+ 0,0099	+ **0,0355**	+ 0,0121	+ 0,0087				
IV.	+ 0,0046	+ **0,0064**	+ 0,0046	+ 0,0056				
V.	+ 0,0022	+ **0,0282**	+ 0,0150	+ 0,0055				
VI.	+ 0,0080	+ **0,0094**	+ 0,0088	+ 0,0034				
VII. (R)	— 0,0066	+ **0,0094**	+ 0,0062	+ 0,0041				
VIII. Wasser-Diurese.	+ 0,0034	+ 0,0176	+ **0,0186**	+ 0,0081				
IX.	— 0,0027	+ 0,0055	+ 0,0038	+ **0,0079**	+ 0,0044	—		
X. Beschränkte Wasserzufuhr	— 0,0042	+ **0,0100**	+ 0,0075	+ 0,0056	+ 0,0078	+ 0,0050	— 0,0073	
XI. Bier-Diurese.	+ 0,0036	+ 0,0035	+ 0,0050	+ 0,0055	+ verunglückt	+ 0,0052	— **0,0085**	
XII. Decoct. Althaeae.	— 0,0054	+ 0,0070	+ 0,0107	+ **0,0123**	+ 0,0048	+ 0,0036	+ 0,0039	— 0,0028

Während in den früheren Versuchen an F. (III, IV, V, VI, VIII) die SO_2-Reaktion bereits in der ersten Viertelstunde positiv ausfiel, blieb bei den später ausgeführten, mit Ausnahme von Versuch XI, die Reaktion in der ersten Viertelstunde aus, wie es auch bei der Versuchsperson R. der Fall gewesen war. Die im Destillat bestimmten Baryumsulfatmengen der Versuche IX—XII hielten sich in denselben Zahlengrenzen wie bei der ersten Versuchsreihe; es liegen jedoch die höheren Werte, entsprechend der hier erst in der zweiten Viertelstunde, also um eine Viertelstunde später eintretenden SO_2-Reaktion, in der 3. und 4. Viertelstunde, z. T. noch später. (In vorstehender Tabelle sind die höchsten Werte in jedem Versuche fettgedruckt.)

Versuch IX ist als Vergleichsversuch zu der ersten Versuchsreihe angestellt worden, nur daß die Flüssigkeitszufuhr während des Versuches auf 200 ccm Milch, die zu Beginn genossen wurden, herabgesetzt war.

Schließlich wurden in gleicher Weise Ausscheidungsversuche mit drei Präparaten der gebundenen schwefligen Säure (formaldehyd-, acetaldehyd- und glukoseschwefligsaures Natrium) angestellt. Nach den Untersuchungen Kerps[1]) erleiden die gebundenen schwefligen Säuren und ihre Salze in wässeriger Lösung eine Spaltung in schweflige Säure oder Natriumbisulfit einerseits und Aldehyd andererseits bis zu einem bestimmten Gleichgewicht. Hinsichtlich der Größe des Komplexzerfalls

[1]) Kerp, Zur Kenntnis der gebundenen schwefligen Säuren. Diese Arbeiten 1904, Bd. 21, S. 189; und: Vortrag auf dem XIV. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie 1907 (veröff. in der Chemiker-Zeitung 1907, Bd. 31, S. 1061).

der verschiedenen Säuren unter gleichen Bedingungen zeigt sich eine außerordentliche Zunahme der Spaltung mit steigendem Molekulargewicht der organischen Komponente. Der Komplexzerfall beim acetaldehydschwefligsauren Natrium ist 5-mal, beim benzaldehydschwefligsauren Natrium etwa 40-mal, beim acetonschwefligsauren Salz etwa 155-mal und beim glukoseschwefligsauren Natrium 560—1360-mal größer als bei der Formaldehydverbindung. Auf Grund der pharmakologischen Wirkungen der Formaldehyd-, der Acetaldehyd-, der Aceton- und der Glukoseverbindung konnte eine Giftigkeitsreihe aufgestellt werden, in der diese Körper sich nach dem Grade ihrer Giftigkeit in derselben Reihenfolge einordnen, wie in der nach der Größe des Komplexzerfalls bestehenden Reihe, da die Salze der gebundenen schwefligen Säure ihre pharmakologische Wirkung ausschließlich dem abgespaltenen Natriumbisulfit verdanken[1]).

Die verschiedene Größe des Komplexzerfalls der gebundenen schwefligen Säuren

[1]) vergl. Rost u. Franz, a. a. O. S. 256.

Versuch XIV. (Versuchs-

4 g Acetaldehydschwefligsaures

200 ccm

(Der vor der Einnahme des Sulfits ge-

Zeit nach der Einnahme des acetaldehydschwefligsauren Natriums, in der die untersuchten Harnmengen entleert wurden.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
						Viertel-
Reaktion auf SO_2	—	nach 10 Sek.	nach 10 Sek	nach 15 Sek.	nach 40 Sek.	nach 40 Sek.
Harnmenge ccm	20	14,5	14	21,5	17	20

Versuch XV. (Versuchs-

3 g Glukoseschwefligsaures

100 ccm

(Der vor der Einnahme des Sulfits ge-

Zeit nach der Einnahme des glukoseschwefligsauren Natriums, in der die untersuchten Harnmengen entleert wurden.	1—10	10—15	15—25	25—35	35—45	45—50
						Minu-
Reaktion auf SO_2	—	nach 15 Sek.	sofort	nach 5 Sek.	nach 25 Sek.	nach 25 Sek.
Harnmenge ccm	16,5	6,5	13,5	12	12	9

in wässeriger Lösung kommt also für ihre pharmakologische Wirkung wesentlich in Betracht. Von besonderer Bedeutung für die Wirkung der in den Magen gebrachten aldehydschwefligsauren Verbindungen ist ferner die Erscheinung, daß ihr Komplexzerfall in saurer Lösung größer ist als in neutraler, daß der Zerfall aber in saurer Lösung langsamer fortschreitet als in neutraler Lösung. Die Gegenwart von Pepsin zeigte sich ohne Einfluß auf Gleichgewicht und Reaktionsgeschwindigkeit[1]). Inwieweit die Vorgänge des Komplexzerfalles die Oxydation der in den Magen gelangten aldehydschwefligsauren Salze und die Ausscheidung des nicht oxydierten Anteils beeinflussen, wurde u. a. durch die nachstehenden Versuche festzustellen versucht.

[1]) vergl. Kerp, Zur Kenntnis der gebundenen schwefligen Säuren. II und III. Diese Arbeiten 1907. Bd. 26. S. 267 u. S. 296.

(Versuch XIII siehe Seite 256.)

person F. 11. VII. 1907.)

Natrium (1,62 g SO_2) in Oblate.

Milch.

lassene Harn gab keine Reaktion auf SO_2).

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.

stunde

nach 30 Sek.	nach 20 Sek.	nach 40 Sek.	nach 35 Sek.	nach 35 Sek.	nach 55 Sek.	nach 1½ Min.	nach 2¼ Min	—
17,5	14	20	17	16	19	16	15	16

person F. 8. VII. 1907.)

Natrium (0,63 g SO_2) in Oblate.

Milch.

lassene Harn gab keine Reaktion auf SO_2.)

50—55	55—60	60—65	65—70	70—75	75—80	80—85	85—90	90—105

ten

nach 30 Sek.	nach 1 Min.	nach 2 Min.	nach 2 Min.	nach 2 Min.	nach 3¼ Min.	nach 4 Min.	nach 20 Min.	—
7	5	4	5	4	4,5	4,5	6,5	14,5

Versuch XIII.

2,67 g **Formaldehydschwefligsaures Natrium** (1,12 g SO_2) in Oblate. 200 ccm Wasser zu Beginn getrunken.

Versuchsperson F. 1. VII. 1907.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vorharn (von 2 Stunden)	148	keine Reaktion	0,0025	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	17	keine Reaktion	0,0053	—
2. „	12,5	„	0,0040	—
3. „	15	„	0,0039	—
4 „	18,5	nach 10 Minuten	0,0070	0,0019
5. „	17,5	„ $1^3/_4$ „	0,0065	0,0018
6. „	20,5	„ $1^1/_4$ „	0,0071	0,0019
7. „	18,5	„ 1 Min. 20 Sek	0,0070	0,0019
8. „	19	„ 50 Sekunden	0,0046	0,0013
9. „	20,5	„ 3 Minuten	0,0067	0,0018
10. „	24	„ 5 „	0,0029	0,0008
11. „	16	„ 5 „	0,0020	0,0005
12. „	16	„ 9 „	—	—
13. „	16	„ 10 „	—	—
Nachharn:				
14. Viertelstunde	20,5	keine Reaktion	—	—

Die Prüfung auf schweflige Säure bei diesen drei Versuchen (XIII—XV) hat gezeigt daß beim formaldehydschwefligsauren Natrium (Versuch XIII) die Reaktion erst im Harn der 4. Viertelstunde auftrat und sich erst im Harn der 14. Viertelstunde nicht mehr erhalten ließ. Die bei diesem Versuch wie auch bei einem der noch zu besprechenden beiden letzten Versuche (XVI) bestimmten Baryumsulfatmengen ergaben ähnliche Zahlenwerte, wie sie bei den Versuchen mit Natriumsulfit erhalten wurden. Es besteht nach dem Ergebnis dieser Versuche mit den genannten Präparaten also kein Unterschied zwischen der freien und der gebundenen schwefligen Säure hinsichtlich der Größe der Ausscheidung.

Bei der Acetaldehydverbindung (Versuch XIV) trat schweflige Säure bereits im Harn der 2. Viertelstunde auf und konnte bis zur 14. Viertelstunde, also etwa ebensolange wie beim Formaldehydsulfit, nachgewiesen werden.

Im Versuch mit der Glukoseverbindung (Versuch XV), bei dem die qualitative Untersuchung des Harnes in Zeiträumen von 5 und 10 Minuten vorgenommen wurde, zeigte sich die Gegenwart von schwefliger Säure im Harn schon zwischen 10 und 15 Minuten nach der Einnahme; mit der zwischen 85 und 90 Minuten (Ende der 6. Viertelstunde) entleerten Harnmenge war die Ausscheidung von Sulfit beendet, dauerte also nur die Hälfte der Zeit wie beim formaldehyd- und acetaldehydschwefligsauren Natrium und etwa die gleiche Zeit wie beim Natriumsulfit.

Dieses Verhalten der Salze der gebundenen schwefligen Säuren scheint zu den Vorgängen der Komplexspaltung dieser Verbindungen in Beziehung zu stehen. Daß

ein enger Zusammenhang zwischen der Größe des Komplexzerfalles der gebundenen schwefligen Säuren in wässeriger Lösung und ihrer pharmakologischen Wirksamkeit besteht, ist, wie erwähnt, bereits festgestellt worden. In ähnlicher Weise steht die nach Einnahme von Salzen der gebundenen schwefligen Säure vor sich gehende Ausscheidung nicht oxydierten Sulfits im Einklange mit der Größe des Komplexzerfalles. Je größer der Komplexzerfall des betreffenden Salzes in wässeriger Lösung ist, desto früher tritt schweflige Säure im Harn auf.

Bezeichnung der Salze	Komplexzerfall in abgerundeten Verhältniszahlen [1])	Auftreten der SO_2-Reaktion	Ausscheidung von SO_2 beendet
Formaldehydschwefligsaures Natrium	1	in der 4. Viertelstunde	in der 13. Viertelstunde
Acetaldehydschwefligsaures Natrium	5	„ „ 2. „	„ „ 14. „
Glukoseschwefligsaures Natrium	560—1360	„ „ 1. „ (zwischen der 10. und 15. Minute).	„ „ 6. „

Auch die Dauer der SO_2-Ausscheidung scheint durch den Komplexzerfall der untersuchten Salze in wässeriger Lösung beeinflußt zu werden. Während beim glukoseschwefligsauren Natrium die Ausscheidung in der 6. Viertelstunde beendet war, dauerte sie bei dem weit schwächer dissoziiertem formaldehydschwefligsauren Natrium und acetaldehydschwefligsauren Natrium bis zur 13. und 14. Viertelstunde an.

Das von Kerp[2]) beobachtete überraschende Verhalten der gebundenen schwefligen Säuren in sauren Lösungen gab Veranlassung, schließlich noch zwei weitere Versuche (XVI und XVII) mit dem glukoseschwefligsauren Natrium anzustellen. Kerp hatte gefunden, daß die Geschwindigkeit des Komplexzerfalles der gebundenen schwefligen Säuren in saurer Lösung verlangsamt ist und daß die Verzögerung besonders groß ist bei der glukoseschwefligen Säure. Die entsprechende pharmakologische Untersuchung, die bei Kerp[3]) bereits kurze Erwähnung gefunden hat und ausführlich veröffentlicht werden wird, hat gezeigt, daß diese Verlangsamung auch im Tierorganismus sich geltend macht.

In nachstehenden beiden Versuchen wurden 3 g glukoseschwefligsaures Natrium und 0,5 g Salzsäure in 0,125 %iger Lösung eingenommen und die viertelstündlich danach entleerten Harnmengen auf Gegenwart von schwefliger Säure untersucht. In Versuch XVI wurde auch die quantitative Bestimmung der schwefligen Säure im Destillat des Harnes vorgenommen. Während nach der gleichen Menge glukoseschwefligsauren Natriums (3 g) ohne Salzsäure (Versuch XV) bereits der zwischen 10 und 15 Minuten nach der Einnahme entleerte Harn schweflige Säure enthielt, trat in Versuch XVI und XVII die Reaktion auf schweflige Säure erst im Harn der 2. und 3. Viertel-

[1]) Entnommen aus Kerps Vortrag auf dem XIV. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie 1907. a. a. O.

[2]) Diese Arbeiten 1907, Bd 26. S. 249.

[3]) Vortrag auf dem XIV Intern. Kongreß für Hygiene und Demographie 1907. a. a. O.

stunde auf. — Die Dauer der Ausscheidung war nicht merklich beeinflußt. Bei Versuch XVI war sie trotz dem verzögerten Beginn in der 3. Viertelstunde ebenso wie im Versuch ohne Salzsäure (XV) mit der 6. Viertelstunde beendet; im Versuch XVII dauerte sie, mit der 2. Viertelstunde einsetzend, bis zur 7. Viertelstunde an.

Die Verzögerung des Auftretens von schwefliger Säure im Harn nach gleichzeitiger Aufnahme von glukoseschwefligsaurem Natrium und Salzsäure deutet darauf

Versuch XVI.

Glukoseschwefligsaures Natrium bei Gegenwart von Salzsäure.

Von einer 0,125 %igen Salzsäurelösung werden 200 ccm getrunken und gleich darauf 3 g Glukoseschwefligsaures Natrium (0,64 g SO_2) in Oblate eingenommen. Darnach werden 100 ccm Salzsäurelösung und nach 5 Minuten nochmals 100 ccm getrunken (insgesamt 400 ccm = 0,5 g Salzsäure).

Versuchsperson F. 5. X. 1907.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2	Im Destillat: erhaltene Menge $BaSO_4$ g	Im Destillat: erhaltene Menge $BaSO_4$ auf SO_2 berechnet g
Vornharn (von 1¼ Stunden)	130	keine Reaktion	—	—
Versuchsharn:				
1. Viertelstunde	77	keine Reaktion	0,0050	—
2. „	162	keine Reaktion	0,0056	—
3. „	144	nach 1 Minute	0,0080	0,0029
4. „	130	„ 1 „	0,0066	0,0024
5. „	85	„ 1¼ „	0,0059	0,0022
6. „	62	„ 2¾ „	0,0069	0,0025
Nachharn:				
7. Viertelstunde	52	keine Reaktion	0,0048	—
8. „	44	keine Reaktion	—	—

Versuch XVII.

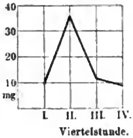
3 g glukoseschwefligsaures Natrium (0,64 g SO_2) in Oblate mit 0,5 g Salzsäure (Wiederholung des Versuches XVI).

Versuchsperson F. 29. X. 1907.	Harnmenge ccm	Reaktion auf SO_2
Vorharn	—	keine Reaktion
Versuchsharn:		
1. Viertelstunde	33	keine Reaktion
2. „	47	nach 1 Minute
3. „	60	„ 20 Sekunden
4. „	90	„ 45 „
5. „	100	„ 1¼ Minuten
6. „	57	„ 2 „
7. „	48	„ 12 „
8. „	25	keine Reaktion

Graphische Darstellung der Baryumsulfat-Mengen, die nach Einnahme von schwefligsaurem Natrium, formaldehydschwefligsaurem Natrium und glukoseschwefligsaurem Natrium in den Versuchen III—XIII und XVI im Destillat des Harns erhalten wurden.

(Die gestrichelten Teile der Kurve geben an, daß die Reaktion auf SO_2 im Harn negativ, die ausgezogenen Teile, daß die Reaktion positiv ausgefallen war.)

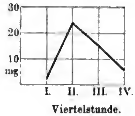
Versuch III (4 g Sulfit).



Versuch IV (3 g Sulfit).



Versuch V (4 g Sulfit).



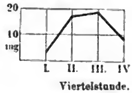
Versuch VI (4 g Sulfit).



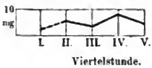
Versuch VII an Dr. R (4 g Sulfit).



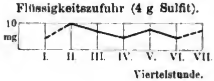
Versuch VIII (4 g Sulfit).



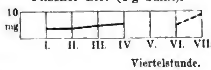
Versuch IX (4 g Sulfit).



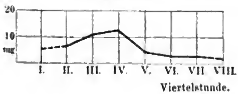
Versuch X bei beschränkter Flüssigkeitszufuhr (4 g Sulfit).



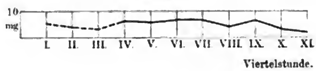
Versuch XI bei Diurese mit 1 Liter Pilsener Bier (4 g Sulfit).



Versuch XII mit Decoct. Althaeae (4 g Sulfit).



Versuch XIII (2,67 g formaldehydschwefligsaures Natrium).



Versuch XVI (3 g glukoseschwefligsaures Natrium mit 0,5 g Salzsäure).



hin, daß auch im Organismus die Geschwindigkeit des Komplexzerfalles des Glukosesulfits durch Säure eine Verzögerung erleidet. Diejenigen Mengen Salzsäure jedoch, mit denen bei den übrigen Versuchen im Magen zu rechnen war, haben eine Verschiedenheit in dem Verhalten des glukoseschwefligsauren Natriums von dem des neutralen schwefligsauren Salzes nicht hervorzubringen vermocht.

Die Versuche mit den gebundenen schwefligen Säuren lassen demnach eine ursächliche Beziehung zwischen der Konstitution ihrer Lösungen und ihrem Verhalten im Organismus erkennen und erweisen somit von neuem die große Bedeutung der Kenntnis von den physikalisch-chemischen Eigenschaften dieser Verbindungen für ihre pharmakologische Beurteilung.

Zusammenfassung.

1. Aus dem Auftreten flüchtiger Schwefelverbindungen im Harndestillat nach Einnahme von Sulfiten darf ohne weiteres nicht auf das Vorhandensein von schwefliger Säure geschlossen werden, da auch unter normalen Verhältnissen bei der Destillation von angesäuertem menschlichen Harn solche Verbindungen noch zum Teil unbekannter Natur, die durch fortdauernde Zersetzung von nichtflüchtigen Schwefelverbindungen entstehen, in das Destillat übergehen.

2. Da sich für diese Schwefelverbindungen ein normaler Wert auch nicht annähernd feststellen läßt, so muß man sich bei der Bestimmung von schwefliger Säure im Harn darauf beschränken, die flüchtigen Schwefelverbindungen insgesamt durch Destillation zu bestimmen und gleichzeitig nachzuweisen, daß der betreffende Harn die Reaktion auf schweflige Säure gibt.

3. Auch beim Menschen wurde wie beim Tier (Hund) der weitaus größte Teil der in den Magen eingeführten schwefligen Säure als Sulfat wiedergefunden; wenn man besondere Vorsichtsmaßregeln anwendet — Untersuchung in Zwischenräumen von einer Viertelstunde oder 10 Minuten — läßt sich das Vorhandensein von schwefliger Säure im Harn nach Sulfiteinnahme nachweisen. In keinem Falle betrug jedoch die wiedergefundene Menge mehr als 1% der zugeführten schwefligen Säure.

4. Auch bei Einhaltung verschiedener Versuchsbedingungen (Enthaltung von Flüssigkeitsaufnahme, sehr gesteigerte Wasserzufuhr, gleichzeitige Aufnahme eines die Wasserresorption im Darm verzögernden Mucilaginosums usw.) blieben diese Werte unverändert und gleich niedrig.

5. Die Ergebnisse der Versuche über die Ausscheidung der schwefligen Säure bei Einnahme von Salzen der gebundenen schwefligen Säuren stehen in Übereinstimmung mit ihrem physikalisch-chemischen Verhalten in rein wässeriger und in saurer Lösung.

Ende des 1. Heftes.
Abgeschlossen am 22. Februar 1908.

Gutachten des Reichs-Gesundheitsrates, betreffend die Verunreinigung der Orla und Kötschau durch gewerbliche Abwässer.

Berichterstatter: Geheimer Ober-Regierungsrat Prof. **Dr. von Buchka,** Berlin,
Mitberichterstatter: Geheimer Medizinalrat, Ministerialrat Prof. **Dr. Renk,** Dresden.

Der Reichs-Gesundheitsrat (Unterausschuß für Beseitigung der Abfallstoffe usw.) hat in der Sitzung am 30. Juli 1907 das über die vorliegende Angelegenheit zu erstattende Gutachten, welches im Entwurf vorlag, beraten.

An dieser Beratung nahmen außer den Berichterstattern teil die nachbezeichneten Mitglieder des Reichs-Gesundheitsrates: Dr. Bumm, Präsident des Kaiserl. Gesundheitsamtes, als Vorsitzender; Dr. Barnick, Frankfurt a. O.; Dr. Beckurts, Braunschweig; Dr. Gärtner, Jena; Dr. Greiff, Karlsruhe i. B.; Dr. Köhler, Exz., Göttingen; Dr. Löffler, Greifswald; Dr. A. Orth, Berlin; Dr. Schmidtmann, Berlin; Freiherr von Stein, Berlin; Dr. Sympher, Berlin; Dr. Tjaden, Bremen;

ferner: Dr. Hofer, München;

vom Kaiserlichen Gesundheitsamte: Dr. Schmidt, Dr. Spitta, Dr. Müller, Dr. Pleißner, Dr. Pfyl.

Das Gutachten wurde den Beschlüssen entsprechend in der nachstehenden Fassung abgegeben.

Einleitung.

Die Unzuträglichkeiten, welche durch die Einleitung gewerblicher Abwässer und Abfallstoffe in die Kötschau und Orla hervorgerufen werden, haben seit langer Zeit schon und zu wiederholten Malen den Anwohnern dieser Flußläufe wie auch der die Orla in sich aufnehmenden Saale Veranlassung zu Klagen und Beschwerden gegeben, die sich freilich zunächst im wesentlichen nur auf den unteren Lauf der Orla nach dem Einfluß der Kötschau erstreckten. Wiederholt auch ist das Kaiserliche Gesundheitsamt bereits mit der Bearbeitung dieser Frage beauftragt gewesen. Im Jahre 1888 wurde seitens dieser Behörde ein Gutachten, betreffend die Reinhaltung des Kötschaubaches bei Pößneck (vergleiche: Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Band V, Seite 406) und im Jahre 1898 ein Gutachten, betreffend die Verunreinigung der Kötschau und der Orla (vergleiche: Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. XIV, Seite 462) erstattet.

In dem ersten Gutachten waren bereits Vorschläge, betreffend eine Reinigung der Fabrikabwässer und eine ordnungsgemäße Durchführung der Kanalisation der Orte

Pößneck und Jüdewein gemacht worden. Nach dem zweiten 10 Jahre später erstatteten Gutachten bestanden aber die Mißstände noch in gleicher Weise, wie sie durch die am 26. und 27. April 1888 stattgehabte Besichtigung an Ort und Stelle klargestellt worden waren. Die von dem Kaiserlichen Gesundheitsamte damals gemachten Vorschläge waren unberücksichtigt geblieben. Nur einzelne Fabriken waren inzwischen angehalten worden, Kläreinrichtungen anzulegen. Im übrigen gingen die Fabrikwässer nach wie vor ungereinigt nebst den Abwässern aus den Haushaltungen und Schlächtereien, sowie einem Teil des Unrates aus Straßenkanälen und Gossen in den Bachlauf hinein.

Schon in dem Gutachten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes vom Jahre 1888 war auf die Einrichtung einer Anlage zur gemeinsamen Klärung aller Abwässer gedrungen worden. Das Gutachten vom Jahre 1898 kommt auf den gleichen Vorschlag zurück. Es sei anzuerkennen, daß nach der bestehenden baulichen Lage der Fabriken zu Pößneck und Jüdewein die Kötschau und Orla für die Entfernung der Abfallstoffe nicht zu entbehren seien. Es erscheine aber auch angängig, die Abwässer erst nach vorheriger Klärung der Orla zuzuführen.

Die Fernhaltung der Abwässer der Flanellfabriken von den Flußläufen würde wohl das meiste zur Beseitigung der gegenwärtigen Mißstände beitragen. Außerdem seien aber auch die Gerbereien zweckmäßig zur Ableitung ihrer Abwässer in eine Kläranlage anzuhalten. Wenn das Weichen der Häute in der Kötschau aufgegeben werde und statt dessen Weichkästen angewendet würden, so werde es möglich sein, auch die Abwässer der Gerbereien zu fassen. Auch diesen Vorschlägen ist indessen bisher nur teilweise und nur in unzureichender Weise Folge gegeben worden.

Obwohl diese Angelegenheit seither die beteiligten Behörden andauernd beschäftigt hat, sind doch die Klagen über die durch die Verunreinigung der Kötschau, der Orla und damit auch der Saale hervorgerufenen Mißstände nicht verstummt.

Diese Klagen richten sich vornehmlich auf die folgenden Punkte: Durch die vermittelst der Kötschau der Orla zugeführten gewerblichen Abwässer werde der Flußlauf nach wie vor derartig verschmutzt, daß das Wasser sich bei niederem Wasserstande überhaupt nicht mehr kläre. Es schillere häufig in allen nur möglichen Farben. Seine Verwendung zu irgend welchen häuslichen oder wirtschaftlichen Zwecken, als Trinkwasser oder zum Tränken des Viehs sei unmöglich gemacht. Durch die mit den Abwässern der Orla zugeführten großen Mengen leicht faulender organischer wie zahlreicher anorganischer Stoffe trete eine derartige Verschlammung und Verschmutzung des Flußbettes ein, daß nach jedem Gewitterregen oder bei Hochwasser die über ihre Ufer tretende Orla die angrenzenden Wiesen völlig verschmutze und verschlamme. Der Schlamm hänge an den von dem Ufer in den Flußlauf hineinragenden Zweigen und Gräsern fingerdick. Oberhalb der zahlreich vorhandenen Stauvorrichtungen liege der Schlamm meterhoch. Das Gras der angrenzenden Wiesen werde vergiftet und als Viehfutter unbrauchbar gemacht. Auch die wiederholt vorgekommenen Milzbrandfälle beim Vieh seien auf diese Verunreinigung der Orla zurückzuführen. Dort, wo der Schlamm sich ablagere, trete eine Entwickelung übelriechender Gase auf, die nicht

nur die in unmittelbarer Nähe solcher Stellen gelegenen Wohnstätten verpeste, sondern das ganze Orlatal durchziehe.

Aber auch die in der Nähe der Orla liegenden, namentlich die in ihrem Überschwemmungsgebiet sich befindenden Brunnen, auf deren Benutzung die ländliche Bevölkerung des Orlatales angewiesen sei, würden durch die Verunreinigungen der Orla bedroht. Wiederholt vorgekommene Typhusfälle seien auf das verunreinigte Orlawasser und sein Eindringen in die Brunnen zurückzuführen.

Endlich würde aber auch die Fischerei in der Orla sowohl wie in der Saale durch die der Orla zugeführten Verunreinigungen nicht nur beeinträchtigt, sondern geradezu vernichtet. Früher habe die Orla einen guten Bestand an Fischen und Krebsen aufgewiesen. Die Fischerei in der Orla sei verpachtet gewesen. Abgesehen von der Strecke zwischen Triptis und Neustadt kämen jetzt Fische in der Orla überhaupt nicht mehr vor. Wenn einmal Fische aus der oberen Orla oder aus der Saale in die untere Orla einträten, so verendeten sie in diesem Wasser sofort. Aber auch die Fischerei in der Saale werde nach dem Einfluß der verunreinigten Orla auf eine weite Strecke hin vernichtet.

Von diesen Übelständen wurden insonderheit die an jenen Flußläufen belegenen Sachsen-Altenburgischen Gebietsteile betroffen. Die Sachsen-Altenburgische Regierung war deswegen verschiedentlich bereits bei der Sachsen-Meiningenschen Regierung behufs Beseitigung dieser Mißstände vorstellig geworden. Bei diesen Verhandlungen wies die Sachsen-Meiningensche Regierung darauf hin, daß auch die in Neustadt an der Orla belegenen Fabriken einen Teil der Schuld an der Verunreinigung der Orla trügen. In der Tat erwiesen sich auch an dem oberen Lauf der Orla in Neustadt und flußabwärts hiervon die Verhältnisse nicht viel besser als in Pößneck und von den Anwohnern dieses Teiles der Orla wurden vielfach die gleichen Klagen wie dort über die Verunreinigung der Orla durch die gewerblichen Abwässer der Neustädter Gerbereien und Tuchfabriken erhoben.

Nachdem deswegen im Jahre 1903 erneut Beschwerden über die im ganzen Orlatal eingetretenen unhaltbaren Zustände laut geworden waren, wurde diese Angelegenheit auf Grund eines Berichtes des Kaiserlichen Gesundheitsamtes zum Gegenstand von Verhandlungen zwischen dem Herrn Reichskanzler (Reichsamt des Innern) und den Regierungen der hierbei beteiligten Bundesstaaten gemacht. Diese Verhandlungen führten dazu, daß die Großherzoglich Sachsen-Weimarische, die Herzoglich Sachsen-Altenburgische und die Herzoglich Sachsen-Meiningensche Regierung den Wunsch äußerten, der Reichs-Gesundheitsrat möge sich gutachtlich über Mittel zur Beseitigung der gesundheitsschädlichen Verunreinigung der Orla äußern. Diesem Wunsch entsprechend beauftragte der Herr Reichskanzler (Reichsamt des Innern) den Reichs-Gesundheitsrat unter dem 29. April 1904, über die vorliegende Frage ein Gutachten zu erstatten. In Erledigung dieses Auftrages bestellte der Präsident des Reichs-Gesundheitsrates unter dem 9. Mai 1904 den Kaiserlichen Geheimen Regierungsrat und vortragenden Rat im Reichsschatzamt, Professor Dr. von Buchka als Berichterstatter und den Königlich Sächsischen Geheimen Medizinalrat, Ministerialrat im Ministerium des Innern und Professor an der Technischen Hochschule zu Dresden, Dr. Renk als Mitberichterstatter.

I. Bemerkungen über den Lauf der Orla und der Kötschau, sowie über die an beiden Flußläufen belegenen Ortschaften.

Die Orla entspringt etwa 2 km südöstlich von der Stadt Triptis und durchfließt diese Stadt in der Richtung von Osten nach Westen, in der Mitte des Ortes durch einen größeren Teich hindurchgehend. Auf der Strecke zwischen Triptis und Neustadt liegen an der ihren Lauf nach Westen fortsetzenden Orla nur kleine Ortschaften: Döblitz, Miesitz, Kopitzsch, Dreitzsch und Molbitz. Noch vor den Toren von Neustadt, unmittelbar vor der Tuchfabrik von Kolesch teilt die Orla sich in zwei Arme: den nördlichen, der in ziemlich gerader Richtung den nördlichen Teil der Stadt ostwestlich durchzieht und den Hauptarm bildet, sowie den südlichen, der etwas weiter nach Süden ausholt und den Namen Mühlgraben führt. Beide Arme vereinigen sich kurz hinter der Stadt wieder zu gemeinsamem Lauf.

Der Hauptteil von Neustadt liegt südlich des Mühlgrabens. Die beiden Orlaarme schließen aber einen von gewerblichen Anlagen, vornehmlich von Gerbereien dicht besetzten Raum ein.

Nachdem die Orla Neustadt verlassen hat, wendet sie sich zunächst nach Süden und durchfließt dann von der Walkmühle östlich von Neunhofen ab das Orlatal in südwestlicher Richtung bis Köstitz. Der Flußlauf geht vielfach in zahlreichen Windungen hin und her und teilt sich wiederholt in zwei Arme, die sich nach einer kürzeren oder längeren Strecke wieder vereinigen.

Die Orla berührt auf diesem Teil ihres Laufes die Ortschaften: Neunhofen, Kolba, Oppurg und Rehmen.

Außer den genannten Ortschaften liegt eine Anzahl von Mühlen und anderen gewerblichen Anlagen an dieser Strecke der Orla. So z. B. zwischen Neustadt und Neunhofen die bereits erwähnte Walkmühle. Zwischen Neunhofen und Kolba Schleichers Mühle, zwei Walkmühlen, eine Papiermühle, die Harrasmühle (Getreide- und Sägemühle) am Fuße des Totenstein, mit einer Wirtschaft verbunden, sowie eine Spinnerei und einige Tuchfabriken (Eisenhammer, Kupferhammer), letztere gewerbliche Anlagen zu Laußnitz gehörend.

Am westlichen Ausgang von Neunhofen ist außerdem eine Ziegelei belegen. Ferner liegt zwischen Kolba und Oppurg noch eine Spinnerei und die Grünaumühle.

Abgesehen von den Ortschaften ist die Orla auf dieser Strecke im wesentlichen von Wiesengelände begrenzt.

Erhebliche Zuflüsse nimmt die Orla zwischen Neustadt und der Einmündung der Kötschau nicht in sich auf. Zu nennen sind: der in der Nähe der Harrasmühle von Süden her, von Weira, der Orla zufließende Wernstegraben; der in nordöstlicher Richtung von Laußnitz herkommende, östlich von Kolba in die Orla einmündende Reisengraben; ferner von den zwischen Kolba und Rehmen aus südlicher Richtung ihr zufließenden Bächen, die östlich bei Rehmen in die Orla einmündende, in südlicher Richtung von Döbritz herkommende Gamse.

Alle diese Zuflüsse führen der Orla zwar keine Verunreinigungen, dafür aber auch nicht nennenswerte Mengen von Wasser zu. Köstitz selbst berührt die Orla nicht. Vielmehr wendet sie sich in kurzer Entfernung nördlich von Köstitz nach

Norden und nimmt an dieser Stelle die von Pößneck herkommende und an Köstitz vorbeifließende Kötschau auf.

Die Kötschau nähert sich von südwestlicher Richtung her der Stadt Pößneck und teilt sich hier in zwei Arme: den Mühlgraben und den Fehlgraben, die sich beide unterhalb der Stadt bei Jüdewein wieder vereinigen und hinter Köstitz in die Orla einmünden. Von ihrer Vereinigung mit der Kötschau ab bis zu ihrer Einmündung in die Saale legt die Orla noch einen etwa 12 Kilometer langen Weg zurück. Dabei berührt sie die Ortschaften: Schweinitz, Klein-Dembach, Langenorla und Freienorla. Außerdem liegen an diesem unteren Lauf der Orla noch einige Mühlen und eine Porzellanfabrik in Freienorla, im übrigen aber keine gewerblichen Anlagen mehr.

Dieses untere Orlatal zeigt im wesentlichen noch dieselben Eigenschaften wie das obere Orlatal; vorwiegend begrenzen Wiesengelände auch hier die Ufer der Orla, und Ackerbau und Viehzucht bilden die Hauptbeschäftigung der Einwohner.

Irgendwelche erhebliche Zuflüsse nimmt die Orla auch auf ihrem unteren Lauf nicht in sich auf. Auf altenburgischem Gebiete, bei Schweinitz, ist die Orla seit 1878 reguliert.

Bei dem weimarischen Dorf Klein-Dembach beschreibt die Orla einen großen Bogen und schließt so den Ort nach Süden, Westen und Norden ein. Hinter Klein-Dembach nimmt die Orla eine nordwestliche Richtung an und behält diese bis Freienorla bei. Der Kommunikationsweg schneidet hinter Klein-Dembach einen toten Arm der Orla ab, der aber noch in Verbindung mit der Orla steht und beim Aufstauen des unteren Flußlaufes sich füllen kann.

An dem toten Arm bei Klein-Dembach liegt ein Verscharrungsplatz für an Milzbrand gefallenes Vieh. Die Landstraße führt unmittelbar an diesem Platz vorüber. Auf eine von den Anwohnern erhobene Beschwerde ist der Weg um einige Meter weiter zurückgelegt und der Platz eingezäunt worden.

Langenorla liegt zu beiden Seiten der Orla, etwa 7 km flußabwärts von Pößneck entfernt. In der Mitte des Ortes liegt eine Mühle, welche die Orla nach Bedarf aufstaut. Das Stauungsgebiet der Orla geht über das obere Ende des Dorfes hinaus. Die der Mühle gegenüber und von dieser ab orlaaufwärts belegenen Wohnungen und Gehöfte liegen so tief, daß der Spiegel der aufgestauten Orla fast in gleicher Höhe mit dem der Mühle gegenüberliegenden Teile der Dorfstraße und der Gärten liegt. Die in diesem Teile des Dorfes belegenen Brunnen sind mit Ausnahme eines am höchsten gelegenen Brunnens (Traugott Schröder) Flachbrunnen, d. h. ihr Wasserspiegel ist von der Erdoberfläche kaum einen Meter entfernt. Bei Hochwasser ist Gefahr vorhanden, daß diese Brunnen durch das übertretende Orlawasser verunreinigt werden, zumal auch die sie umgebenden Mauern keinen genügenden Schutz hiergegen gewähren. Es ist beobachtet worden, daß das Wasser in diesen flachen Brunnen noch auf etwa 300 Meter Entfernung mit dem Steigen und Sinken der Orla steigt und sinkt. Der aus steinigem Geröll und grobem Sand bestehende Untergrund soll so leicht durchlässig sein, daß sogar bei dem 70 Meter von der Orla entfernten Brunnen der Schmiede das Wasser bei zunehmender Trübung der Orla sich gleichfalls trüben soll, ohne daß eine andere Ursache hierfür erkennbar sei.

Bei Freienorla ändert die Orla ihren Lauf. Sie biegt von nordwestlicher Richtung nach Nordosten und läuft kurze Zeit in gleicher Richtung neben der von Orlamünde kommenden Saale her. Die Orla hat hier eine Breite von etwa 4 bis 5 Meter und eine Tiefe von etwa $^1/_2$ Meter. Etwa 1 Kilometer nördlich von Freienorla vereinigt die Orla sich mit der Saale.

Die von der Orla durchflossenen Landesteile sind verhältnismäßig nicht sehr dicht bevölkert. An ihrem bis zur Einmündung in die Saale etwa 34 Kilometer langen Lauf liegen 17 Ortschaften, darunter nur 2 Städte, das etwa 2800 Einwohner zählende Triptis und Neustadt an der Orla mit etwa 6600 Einwohnern.

Pößneck an der Kötschau ist eine Stadt von etwa 12700 Einwohnern, deren gewerbliche und sonstige Abwässer durch die Kötschau gleichfalls in die Orla gelangen.

Die ganze Landschaft, welche die Orla durchzieht, trägt keinen großartigen, aber einen anmutigen Charakter. Breite grüne Wiesen und fruchtbares Ackerland umrahmen die nicht sehr breite und nur langsam mit schwachem Gefäll dahinziehende Orla auf dem größten Teil ihres Laufes. Teilweise steigt auch das Hinterland sanft an und wird von bewaldeten Höhen begrenzt. Viehzucht und Ackerbau scheinen hier zu blühen und geben der ganzen Landschaft vorzugsweise ihr Gepräge. Früher soll hier auch Fischzucht betrieben worden sein. Noch jetzt wird die Fischerei gelegentlich wohl wenigstens auf der Strecke zwischen Triptis und Neustadt ausgeübt.

Die Städte Neustadt und Pößneck aber sind seit alten Zeiten der Sitz eines hervorragenden Gewerbefleißes. Insonderheit sind in beiden Städten Gerbereien und Tuchfabriken zu Hause. Angeblich geht die erste Begründung des Gerbereigewerbes in Neustadt bis weit in das Mittelalter zurück. Jedenfalls sind auf einem Kupferstich aus Merians „Topographia-Superioris Saxoniae“ aus dem Jahre 1650 bereits „Gerberhäuser“ verzeichnet. Aber auch die gewerbliche Tätigkeit in Pößneck blickt auf eine alte Geschichte zurück. Und vielleicht haben auch schon frühere Geschlechter mit ähnlichen Schwierigkeiten wie den jetzt vorliegenden zu kämpfen gehabt. In der Pößnecker Zeitung Nr. 218 vom 19. September 1903 wird berichtet:

„Nach den Wasserakten mußte schon im Jahre 1669 der Bach jährlich so oft es Not tut geschlämmt und rein gehalten werden.“

Zu den Gerbereien und Tuchfabriken sind im Laufe der Zeit auch noch andere gewerbliche Anlagen, Porzellanfabriken, Brauereien, eine Schokoladefabrik usw. hinzu gekommen.

Der Wandel der Zeiten ist indessen auch an den gewerblichen Anlagen im Orlatal nicht spurlos vorübergegangen. Die beiden Städte Neustadt und Pößneck werden von dem Welthandel insofern berührt, als hier gegenwärtig viele ausländische Rohstoffe sowohl in den Gerbereien wie in den Tuchfabriken verarbeitet werden. Hierdurch hat mit der zunehmenden Erleichterung des Verkehrs das ursprünglich wohl eine rein örtliche Bedeutung besitzende gewerbliche Leben des Orlatales ein ganz anderes Gepräge bekommen. Die Erzeugnisse der Neustädter und Pößnecker Gewerbsanstalten gewinnen eine von Jahr zu Jahr steigende Bedeutung. Andererseits hat aber auch gerade diese Entwickelung der Neuzeit mit dazu beigetragen, daß manche, namentlich kleinere gewerbliche Betriebe den Wettbewerb nicht weiter zu führen ver-

mochten und eingingen. Vor 40 bis 50 Jahren soll in Pößneck die Gerberei mit etwa 50 Betrieben viel bedeutender als die Tuch- oder Flanellfabrikation gewesen sein. Diese Verhältnisse haben sich jetzt verschoben. Auch in Neustadt ist in den letzten Jahrzehnten ein stetiger Rückgang der Zahl der Gerbereien zu verzeichnen gewesen.

Bei der Prüfung der Frage, in welcher Weise die Verunreinigungen der Kötschau und der Orla beseitigt werden können, wird Rücksicht in erster Linie sowohl auf die gesundheitlichen als auch auf die landwirtschaftlichen Bedürfnisse der Bevölkerung des Orlatales zu nehmen sein. Andererseits aber wird auch darauf Bedacht genommen werden müssen, daß die gewerblichen Anlagen des Orlatales einschließlich Pößnecks als einzige Flußläufe, in welche überhaupt eine Ableitung ihrer Abwässer möglich ist, die Orla und Kötschau zur Verfügung haben.

Die Abstellung der Klagen über die Verunreinigung der Orla und dadurch auch der Saale gestaltet sich dadurch besonders schwierig, daß die Orla trotz ihres nicht langen Laufes die Gebietsteile von 2 Bundesstaaten: Sachsen-Weimar und Sachsen-Altenburg berührt, die Kötschau aber auf Sachsen-Meiningenschem Gebiet die Abwässer der Pößnecker gewerblichen Anlagen aufnimmt. Eine fernere Erschwerung der Frage wird dadurch bedingt, daß die Grenzen des Stadtbezirks Pößneck mit der Sachsen-Meiningenschen Landesgrenze zusammenfallen.

Aus dem in der Anlage beigefügten Plan (Tafel I) ist die Lage der hier in Frage stehenden Flußläufe und Ortschaften ersichtlich.

II. Örtliche Besichtigung im Juni und September 1904.

Da nach der Prüfung der Akten eine eingehende örtliche Besichtigung für notwendig erachtet wurde, so beauftragte der Präsident des Kaiserlichen Gesundheitsamtes die Berichterstatter, an Ort und Stelle eine Untersuchung der Verhältnisse vorzunehmen, und setzte die Regierungen der an der Frage beteiligten Bundesstaaten hiervon in Kenntnis. Es war in Aussicht genommen, zunächst in einer gemeinsamen Besprechung aller Kommissare die allgemeine Sachlage zu erörtern und den Plan für die darauf folgende Besichtigung festzulegen.

Am 26. Juni 1904 nachmittags fand diese Besprechung zu Neustadt an der Orla im Dienstgebäude des Direktoriums des fünften Großherzoglich Sachsen-Weimarischen Bezirks unter dem Vorsitz des Berichterstatters statt. An der Beratung nahmen außer den beiden Berichterstattern und dem Geheimen Regierungsrat Direktor Dr. Paul als Vertreter des Kaiserlichen Gesundheitsamtes die folgenden Herren teil:

Für die Großherzoglich Sachsen-Weimarische Regierung: Der Bezirksdirektor des fünften Bezirks, Geheimer Regierungsrat Stichling, Baurat Schierholz und Landbaumeister Lehmann;

für die Herzoglich Sachsen-Meiningensche Regierung: Geheimer Staatsrat Schaller und Baurat Eichhorn;

für die Herzoglich Sachsen-Altenburgische Regierung: der Geheime Regierungsrat, Landrat von Kropff und der Bezirksarzt Dr. Kutzschbach. Außerdem war auf Veranlassung des Präsidenten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes das Mitglied des

Reichs-Gesundheitsrates, Geheimer Hofrat Professor Dr. Gärtner zu Jena zu der Beratung zugezogen.

Nachdem die ganze Sachlage eingehend besprochen war, wurde verabredet, daß an dem Vormittag des folgenden Tages zunächst der obere Lauf der Orla bis zu ihrem Ursprung bei Triptis besichtigt und am Nachmittag desselben Tages sowie am folgenden Tage ein Besuch der wichtigsten gewerblichen Anlagen in Neustadt vorgenommen werden sollte. Sodann beabsichtigte die Kommission nach Pößneck überzusiedeln und außer den anderen dort vorhandenen größeren Gerbereien und Tuchfabriken vor allem die Thalmannsche Tuchfabrik und die in ihr auf Veranlassung der Herzoglich Sachsen-Meiningenschen Regierung aufgestellte Kläranlage einer eingehenden Besichtigung zu unterziehen. Am 29. Juni sollte diese Besichtigung der gewerblichen Anlagen zu Pößneck und des Laufes der Kötschau fortgesetzt werden. Schließlich war für den 30. Juni eine Besichtigung des unteren Laufes der Orla von dem Einfluß der Kötschau in die Orla (Köstitz) bis zu deren Einmündung in die Saale und für den 1. Juli eine Begehung der Orla von der Einmündung der Kötschau in die Orla (Köstitz) flußaufwärts bis Neustadt in Aussicht genommen. Dieser Plan wurde in der Folge zur Durchführung gebracht. Die gemeinsame Besichtigung erlitt aber dadurch leider eine Störung, daß der Mitberichterstatter Geheimer Medizinalrat Professor Dr. Renk erkrankte und genötigt war, am 29. Juni nach Hause zurückzukehren.

Besichtigung des oberen Laufes der Orla von Triptis bis Neustadt.

Um die örtliche Besichtigung des oberen Laufes der Orla vorzunehmen, begaben sich die Berichterstatter mit den Kommissaren des Kaiserlichen Gesundheitsamtes unter Leitung des Großherzoglich Sachsen-Weimarischen Bezirksdirektors Stichling am 27. Juni über Dreitzsch und Miesitz nach Triptis.

Triptis ist eine Stadt von etwa 2800 Einwohnern. Von gewerblichen Anlagen befinden sich am Ort: eine Brauerei (Kötschau & Limpert), zwei Leimsiedereien (Fritzsche und Roethel) und eine Gerberei und Lederfärberei (Oelsner). Eine einheitliche Entwässerungsanlage war zur Zeit der Besichtigung noch nicht vorhanden. Die in kleinerem Umfange vorhandene Entwässerungsanlage ging in einen offenen Graben und durch diesen in die Orla. Ebenso war damals nur ein Teil der Stadt mit Wasserleitung versehen. Es sollte jedoch die Anlage einer einheitlichen Entwässerungsanlage und Wasserversorgung bereits in Aussicht genommen sein. Angeblich gelangten Fäkalien nicht, wohl aber häusliche und gewerbliche Abwässer in die Orla.

Zunächst begab sich die Kommission zum Ursprung der Orla, etwa 2 km südöstlich von Triptis. Die Orla führt anfangs nur wenig, aber klares Wasser mit sich. In der Nähe des Ursprungs der Orla liegt die Brauerei von Kötschau & Limpert, die aus Grauwacke kommendes Quellwasser, das durch Holzrohre herangeleitet wird, benutzt. Die Abwässer gehen in eine Senkgrube; die Hefe wird gesondert abgefangen und fortgeschafft. Eine Verunreinigung der Orla findet demnach durch die Brauerei nicht statt.

Von den übrigen in Triptis gelegenen gewerblichen Anlagen ist indessen das Gleiche nicht zu sagen, wie die Besichtigung der dortigen Leimsiedereien und Gerbereien zeigte.

Die Leimsiedereien verarbeiten Gerbereiabfälle sowohl aus Neustadt a/O., wie auch aus anderen Orten (Leipzig, Euthra, Pegau) sowie auch Abfälle vom Schlachthof zu Leipzig. Die Abfälle werden zunächst zwei Tage eingeweicht. Die hierbei gewonnene übelriechende Flüssigkeit wird sodann auf die Wiesen gebracht. Die eingeweichten Abfälle werden gewaschen und gekalkt, d. h. in Gruben mit Kalkbrühe zusammengebracht und darin zwei Monate belassen. Auch einer Behandlung mit Chlorkalk oder einer Schwefelbleiche (Behandeln mit Schwefligsäure) werden die Abfälle vor ihrer weiteren Verarbeitung unterworfen. Teilweise kommen die Abfälle auch bereits gekalkt in die Fabrik. Die so behandelten Abfälle werden gewalkt, gewaschen und dann zu Leim gekocht. Die Kalkbrühe und die Waschwässer gehen in Klärgruben und werden nach erfolgtem Absetzen des Schlammes in einen offenen Graben geleitet. Durch diesen gelangen sie schließlich in die Orla.

In der Leimsiederei von Roethel waren fünf Personen mit der Verarbeitung der Gerbereiabfälle beschäftigt. Die Kalkbrühe und das Waschwasser werden dort in Klärgruben von etwa 1 Meter nutzbarer Höhe geleitet. Der grauweiße Schlamm wird ausgehoben und das Abwasser sodann in die Orla abgeleitet. Etwa 2 bis 3 Wochen vor der Besichtigung war die Klärgrube gereinigt. Es wurde indessen festgestellt, daß die Abwässer auch bei häufig vorgenommener Reinigung der Klärgrube nicht in genügender Weise gereinigt werden. Es gelangen daher auf diese Weise nicht unerhebliche Mengen von Verunreinigungen in die Orla.

Ähnlich liegen die Verhältnisse in der Leimsiederei von Fritzsche. Hier werden drei Arbeiter beschäftigt. In dieser Fabrik kommt auch eine Behandlung mit Chlorkalk und eine Schwefelbleiche zur Anwendung. Die vorhandene Klärgrube war am Tage der Besichtigung stark verschlammt. So konnte es nicht wundernehmen, daß erhebliche Mengen von Verunreinigungen mit den Abwässern von hier aus in die Orla gelangen.

In der darauf besichtigten Gerberei und Lederfärberei von Oelsner wird Weißgerberei und Glacélederfabrikation betrieben. Es werden dort jährlich etwa 50000 indische Häute (vom Bastard zwischen Schaf und Ziege) verarbeitet. Die in trockenem und gesalzenem Zustande in Ballen von etwa 540 Pfund über Hamburg eingeführten, angeblich nicht mit arseniger Säure behandelten Häute werden zunächst in Gruben (etwa 2000 Häute fassend) lediglich durch Wasser geweicht, nicht gekalkt. Das hierzu nötige Wasser wird teils Quellen, teils der Orla entnommen und muß häufig erneuert werden. Auf je 2000 Stück Häute werden etwa 6 bis 7 cbm Wasser gebraucht. Das Abwasser geht in die Orla. Sodann werden die Häute in „Kalkäscher" gebracht, d. h. in Gruben (6 Äscher zu je 600 bis 700 Häuten) 2 bis 3 Wochen lang mit Kalkbrühe behandelt, der zum Enthaaren der Häute etwas Schwefelnatrium zugesetzt ist. Zum Teil werden die Häute auch schon enthaart eingeführt. Die in dem Kalkäscher genügend lange verbliebenen Häute werden sodann herausgenommen und gewaschen (geläutert). Das Waschwasser geht in Senkgruben. Nachdem die Häute geschabt sind — die Abfälle werden auf die Felder gebracht — folgt eine verschiedenartige Behandlung, indem die gewaschenen Felle entweder mit Hundekot (2 bis 3 Stunden lang) oder für die Sohlledergerberei mit Taubenmist oder für die Glacé-

gerberei mit Kleienbeizen (Weizenkleie, die mit alter Kleie angesäuert ist) eine Nacht hindurch behandelt werden. Die Felle werden schließlich in drehbaren Trommeln 2 bis 3 Stunden lang der Einwirkung einer aus Alaun, Weizenmehl und Eigelb bestehenden „Gare“ unterworfen.

Zum Färben der so vorbereiteten Felle werden Farbhölzer: Blauholz, Rotholz, Gelbholz verwendet. Diese werden mit Dampf gekocht. Die zu färbenden Felle werden in die Farbbrühe eingehängt oder auf Glastafeln gelegt und mit der Farbbrühe abgebraust. Nach 10 Minuten ist die Färbung beendet. Die Felle werden nun mit Wasser abgespült und getrocknet. Die ablaufende Farbbrühe wird wieder verwertet. Als Beizmittel dient Eisenvitriol. Die Waschwässer werden wie die anderen Abwässer zum Teil in Senkgruben geleitet, gehen zum Teil aber auch wohl in die Orla. In dieser Fabrik waren zwölf Arbeiter beschäftigt.

Aus dem Angeführten ergibt sich, daß Abwässer verschiedener Art aus den gewerblichen Anlagen zu Triptis in nicht unerheblicher Menge in die hier noch nicht sehr wasserreiche Orla gelangen. Diese setzt jedoch den größten Teil der Schmutzstoffe bereits in dem in der Mitte des Ortes befindlichen großen Teich wieder ab. Dieser wird angeblich alljährlich im Herbst gereinigt.

Wenn auch die Orla in ihrem unteren Lauf zunächst der Stadt zeitweilig sehr trübe ist, so kann doch angenommen werden, daß erhebliche Mengen von Schmutzstoffen aus den gewerblichen Anlagen und den häuslichen Abwässern von Triptis nicht weiter in den unteren Flußlauf gelangen. Denn in den unterhalb Triptis an der Orla gelegenen Ortschaften zeigte sich der hier etwa 1 bis 2 Meter breite Flußlauf völlig klar. Auch wurden dort Klagen über eine Verunreinigung der Orla durch die Abwässer von Triptis nicht erhoben.

In Döblitz, dem nächsten Ort hinter Triptis orlaabwärts sollen in der Orla kleine Fische, Elritzen, vorkommen, in einem von der Orla durchströmten Teich auch Karpfen. Auch in Miesitz ist die hier schneller strömende Orla völlig klar. In Kopitzsch teilt sich die Orla in den Hauptlauf und den Mühlgraben, die sich dann wieder vereinigen. Auch hier wurden Klagen über eine Verunreinigung der Orla oder über etwa vorgekommene Milzbrandfälle nicht laut. Das gleiche gilt von der Orla bei Dreitzsch. Eine hier befindliche Brauerei scheint gleichfalls die Orla mit ihren Abwässern nicht zu verunreinigen. In Molbitz befanden sich Fischkasten in dem völlig klaren Orlawasser. Die Fischerei, die auch Forellen und Krebse ergeben soll, ist hier verpachtet. Freilich scheint sie nicht bedeutend zu sein.

Alles in allem zeigt dieser Befund, daß von einer weiter reichenden und dauernden Verunreinigung der Orla unterhalb Triptis bis zu der vor den Toren von Neustadt gelegenen Tuchfabrik von Kolesch durch die Abwässer der gewerblichen Anlagen zu Triptis oder durch die häuslichen Abwässer von Triptis oder von den zwischen Triptis und Neustadt an der Orla belegenen Ortschaften nicht wohl die Rede sein kann. Die aus diesen Orten stammenden Abwässer scheiden daher aus den weiteren Erwägungen vollständig aus.

Von der Entnahme von Proben des Orlawassers in Triptis und bis zur Tuchfabrik von Kolesch in Neustadt wurde daher Abstand genommen.

Besichtigung von Neustadt.

Am 27. Juni nachmittags wurde die Besichtigung in Neustadt unter Führung des Bürgermeisters der Stadt Wimmler weiter fortgesetzt. Sie wurde begonnen unmittelbar vor der an der Orla belegenen Tuchfabrik von Kolesch. Das Wasser der Orla zeigte sich an dieser Stelle nicht ganz klar.

In dieser Fabrik, an welcher ein Gedenkstein der Tuchmacherinnung vom Jahre 1598 angebracht war, wird Rohwolle aufgekratzt, gewaschen, zu Garn versponnen, dieses gebeizt, dann mit Teerfarbstoffen gefärbt und schließlich auf feine Flanelle (Damentuche) verarbeitet. Die Abwässer der Fabrik werden in vier Senkgruben geleitet, aus denen der Schlamm nach Bedürfnis ausgefahren wird. Die Färbereiabwässer gehen, wie auch am Tage der Besichtigung beobachtet wurde, unmittelbar in die Orla und machen sich hier nach dem Einlauf auf eine gewisse Strecke hin durch eine schwache Färbung des Orlawassers bemerkbar.

Sodann wurde die Tuchfabrik von G. F. Fritzsche (vormals Goebel) besichtigt. Auch hier wird ungereinigte Wolle bis zum fertigen Tuch (Herrentuch) verarbeitet. Zum Waschen der Rohwolle wird Brunnenwasser verwendet, und zwar wird die mit Soda und Tonerde versetzte Waschflotte mehrfach benutzt. Alle zwei Tage wird ein Bottich abgelassen. Der Fabrikbesitzer schätzte die Menge des Abwassers täglich auf etwa 200 Kubikmeter. Es werden jährlich etwa 2000 Zentner Wolle verarbeitet. Das Färben der Wolle geschieht mit Alizarin, unter Verwendung von chromsaurem Kalium als Beizmittel. Andere Anilinfarbstoffe finden in dieser Fabrik nicht Anwendung. Täglich sollen etwa 3 Kubikmeter gefärbtes Wasser abgelassen werden. Die Menge des täglich verbrauchten Farbpulvers beträgt etwa 10 kg. Eigentlich sollten die Abwässer überhaupt nicht mehr gefärbt sein, weil bei der Nachbeize der Wolle aller Farbstoff fixiert werden soll. Bisweilen wird statt des Garnes auch im Stück gefärbt. Die Abwässer gehen durch zwei Klärgruben in den Mühlgraben. Die Klärgruben werden angeblich alle vier Wochen ausgeräumt, sie waren am Tage der Besichtigung ziemlich gefüllt.

Auch in der darauf besichtigten Tuchfabrik von Könitzer wird Rohwolle in der bereits vorstehend angegebenen Weise auf Tuch verarbeitet. Das zum Waschen der Wolle nötige Wasser wird einem Brunnen entnommen. Zum Waschen dienen Seife und Soda. Die Menge des täglich während einer elfstündigen Arbeitszeit verbrauchten Wassers wird auf etwa 39600 Liter geschätzt. Im Jahre sollen 5000 Zentner Wolle verarbeitet werden. Die Klärung der Abwässer geschieht auch hier in Senkgruben, die allerdings stark mit Schlamm gefüllt waren.

Der gleiche Betrieb findet in der Tuchfabrik von Müller und Albert statt. Auch hier wird das zum Waschen der Wolle nötige Wasser, angeblich 175 cbm pro Tag, einem Brunnen entnommen. Zum Waschen werden Seife und Soda, zum Walken auch Natriumsulfid, aber keine Walkerde benutzt. Zum Färben der Wolle finden Alizarinfarbstoffe in essigsaurer Lösung Verwendung unter Benutzung von Kaliumbichromat als Beize. Im Jahre werden etwa 6000 Zentner Wolle verarbeitet. Die Klärung des Wasch- und Walkwassers als des schmutzigsten geschieht für sich. Der

Schlamm wird nach dem Absetzen aus den auch hier vorhandenen Senkgruben nach Bedarf abgefahren.

In der Tuchfabrik von Zenker, die darauf besichtigt wurde, werden zum Waschen der Wolle pro Tag angeblich 500 cbm Wasser entnommen. In der Wollwäscherei finden Seife, Soda und Salmiak Verwendung. Zum Färben der Wolle dient Campecheholz. Auch hier wird das Abwasser der Färberei für sich aufgefangen. Zur Klärung der Abwässer werden diese auch hier durch Senkgruben geleitet. Daß diese nicht ausreichend wirkten, zeigte sich aber an dem Tage der Besichtigung daran, daß das Wasser aus der Senkgrube sehr trübe ablief. Jährlich werden hier 1000 Zentner Wolle verarbeitet.

Auch in der Tuchfabrik von Künzel ist der Betrieb der gleiche wie vorstehend angegeben. Das Wasser wird auch hier einem Brunnen entnommen. Angaben über die Menge des täglich verbrauchten Wassers konnten nicht gegeben werden. Man kann aber ungefähr die Menge des hier verbrauchten Wassers im Vergleich mit dem der vorher erwähnten Tuchfabriken schätzen, wenn man berücksichtigt, daß jährlich etwa 2000 Zentner Wolle verarbeitet werden, also ungefähr ebensoviel, wie in der Tuchfabrik von Fritzsche. Das Färben geschieht hier mit Alizarinfarbstoffen, sowie mit Farbholzauszügen. Als Beize finden Kaliumbichromat, Natriumsulfat und Essigsäure Verwendung.

Endlich wurde an diesem Tage auch die Thüringer Exportbrauerei besichtigt. Die Brauerei stellt im Jahre etwa 16000 hl Bier her. Das für die Brauerei nötige Wasser wird Brunnen entnommen. Die Abwässer gehen ohne vorherige Reinigung in den Kanal. Nach den Angaben des Brauers soll sich die Menge des Bieres zu dem in dem Betriebe sich ansammelnden Spülwasser wie 1 : 10 verhalten. Ein Ausräumen von Schlamm aus dem Kanal soll noch nicht stattgefunden haben.

Am 28. Juni wurde die Besichtigung der gewerblichen Anlagen in Neustadt fortgesetzt. Die an der Bürgerwiese, an der Fortsetzung der Karl-Auguststraße gelegene Gasanstalt, der Thüringer Gas-Gesellschaft gehörend, leitet nur ihre Tagewässer in den offenen Graben. Das in der Fabrik gewonnene Ammoniakwasser wird gesammelt und zur weiteren Verarbeitung an andere Fabriken versandt. Längs der Gasanstalt führt der offene Graben, in welchen auch die Künzelsche Fabrik ihre Abwässer einleitet. In diesen Graben gehen die Abwässer der Gasanstalt. Eine Beeinflussung des Wassers des Grabens durch die Gasanstalt war indessen nicht wahrzunehmen.

Die in der Nähe der Gasanstalt belegene Kratzenfabrik von Adolf Seelemann & Söhne leitet nur ihre Kondenswässer in den Mühlgraben, welcher die von der Tuchfabrik von Kolesch herstammenden Abwässer mit sich führt.

Oberhalb der Stadt, nicht weit von dieser Kratzenfabrik entfernt, liegt die Maymühle von Besser. Angeblich sollte Besser beabsichtigen, einen Teich anzulegen, um den Mühlgraben aufzustauen und zur Spülung der Orla hieraus Wasser abgeben zu können. Schon damals am Tage der Besichtigung wurde die Ausführung dieses Planes als fraglich bezeichnet. Der Plan ist dann auch, soweit es bekannt geworden, bisher nicht zur Ausführung gekommen.

Das Wasser des offenen Kanals, in welchen die Abwässer von Künzel hineingegangen sind, sah blaugrau aus, war trübe und roch.

Da die Kratzenfabrik für den Betrieb ihrer Maschinen auf die Verwendung von sehr hartem Brunnenwasser angewiesen ist, so ist sie genötigt, dieses durch Zusatz von Soda weich zu machen. Das so gewonnene Abwasser geht wie schon erwähnt in den Mühlgraben und tritt von dort in die Gerbergasse ein. Nach Angabe des Fabrikbesitzers soll bei Westwind das Wasser den Fluß aufwärts zurückgestaut und so der in den Mühlgraben hineingelangende Schmutz der Gerbereien bis zu der Kratzenfabrik herangetrieben werden.

Gegenüber der Kratzenfabrik liegt das Neustädter Schützenhaus. Auch von hier gehen Abwässer in die Orla. Eine Verunreinigung des Mühlgrabens durch diese Abwässet war aber nicht wahrnehmbar.

Sodann wurde eine Reihe von Gerbereien und Lederfabriken besichtigt.

Die Lederfabrik von Gebr. Erhardt verarbeitet ostindische Häute und stellt Brandsohlenleder her. Das Wasser wird einem Brunnen entnommen, pro Tag etwa 45 cbm. Das Wasser wird gebraucht zum Weichen der Häute in Weichkästen und zum Spülen der gekalkten Häute. In der Woche werden etwa 300 Häute verarbeitet. Die rohen Häute verbleiben in den Weichkästen etwa 8 Tage, dann wird das Wasser abgelassen, im ganzen etwa 4 cbm. Beim Äschern der Häute wird nur wenig Abwasser gewonnen. Nach dem Äschern werden die Häute in den Weichkästen gespült, sodann geschabt und gebeizt und zwar mit Taubenmist. Zum Gerben wird Lohbrühe und zwar Fichten- und Eichenlohe, außerdem aber auch Quebracho verwendet. Die Lohbrühe wird immer wieder benutzt. Nennenswerte Mengen von Lohbrühe gehen daher nicht in die Orla. Die grüne Färbung, welche die Orla zeigte, soll angeblich nicht durch die Lohbrühe bedingt sein.

In dieser Fabrik waren fünf Reinigungsschächte, in welchen sich der Schlamm absetzte. Dieser wird von Zeit zu Zeit abgefahren und teils zu Dungzwecken verwendet. Die beim Schaben der Häute gewonnenen Abfälle gehen zur weiteren Verarbeitung in die Leimfabrik. Die Reinigungsschächte stehen durch ein Rohr mit dem Mühlgraben in Verbindung. Die Gruben waren erst kürzlich gereinigt. Das aus ihnen ablaufende Wasser war aber trübe und schmutzig.

Die Lederfabrik von Richard Kraner Söhne verarbeitet in der Woche etwa 200 Häute. Das für den Betrieb notwendige Wasser wird durch eine Rohrleitung einem Teich entnommen. Das Weichen der Häute findet in Weichkästen, nicht in der Orla statt. Das Weichwasser aber wird in die Orla abgeführt. Auch hier war eine Abflußgrube vorhanden, aus welcher der dort sich ablagernde Schlamm von Zeit zu Zeit entfernt wird.

Die darauf besichtigte Lederfabrik von Reinhold Wild verarbeitet ostindische Häute, Kipse. Auch hier findet das Weichen der Häute in Weichkästen statt. Angeblich soll zum Weichen bereits benutztes Wasser für diesen Zweck besser verwendbar sein als frisches Wasser. Jährlich werden hier etwa 3000—4000 Stück Häute verarbeitet. Die Abwässer gehen durch eine Sammelgrube und dann unmittelbar in die Orla.

In der Lederfabrik von Max Schneider werden auch ostindische Häute, Kipse, verarbeitet, 8000 Stück im Jahr. Das Weichen und Spülen findet auch hier in Weich-

kästen statt, nicht in der Orla. Das Wasser wird aus Teichen gewonnen. Die Abwässer gehen zunächst durch eine Senkgrube, die angeblich alle 14 Tage entleert wird. In dieser war am Tage der Besichtigung eine reichliche Menge Schlamm enthalten.

In der Schaffellgerberei von Friedrich Schneider werden nur Schaffelle vom Leipziger Schlachthofe verarbeitet, wöchentlich etwa 200 Stück. Zu ihrer Konservierung sind sie teils mit Naphthalin bestreut. Die Felle werden zunächst in einer Grube in fließendem Wasser geweicht. Das Wasser kommt aus einem Teich und geht, nachdem es einen Reinigungskasten durchflossen hat, seit 1901 durch einen Kanal in die Orla. Ein Nachweichen findet sodann in einer Grube statt. Hierauf werden die Felle in der Orla gewaschen, um die letzten Schmutzteile zu beseitigen, bisweilen, namentlich im Winter, findet das Spülen auch im Hause statt. Der Gerber klagte über großen Mangel an Wasser. Beim Äschern der Felle wird Kalkmilch, im Sommer auch Chlorkalk benutzt. Im Winter wird der Chlorkalk fortgelassen. Das Waschen der so behandelten Häute findet wiederum in der Orla statt. Die bei der weiteren Verarbeitung der so behandelten Felle gewonnene Gerberwolle geht zur weiteren Verarbeitung in die Tuchfabrik. Nachdem die Felle geäschert, gespült, geschabt, mit Taubenmist gebeizt und so fertig zubereitet sind, werden sie in die Lohbrühe gelegt, welche aus gewöhnlicher Lohe, Quebracho und Myrobalanen besteht. Das fertige Schafleder, das zu Schuhen, Galanteriewaren, Gürteln, Portefeuilles usw. verwendet werden soll, wird schließlich nach Bedarf gefärbt.

In der Lederfabrik von Alfred Kramer werden gleichfalls nur Schaffelle verarbeitet. Der Betrieb ist im allgemeinen derselbe, wie vorstehend angegeben. Die Schaffelle werden in der Orla gespült.

Die Lederfabrik von Arno Lange verarbeitet nur deutsche Lederhäute und stellt „Vache“-Leder für leichtere Lederwaren, Brandsohlen usw. her. Im Jahre werden 60000 Stück, meistens von Schlachthöfen stammende Häute verarbeitet. Die Fabrik steht in Verbindnng mit einer rheinischen Fabrik Gesell & Co. in Aachen, welche aus dem gleichen Leder Treibriemen herstellt. Die Häute, welche mit durch Petroleum denaturiertem Kochsalz gesalzen werden, werden zunächst in Gruben gewässert, dann dem Gerbeprozesse in gleicher Weise, wie in den anderen Gerbereien unterworfen. Als Gerbmittel dient Lohe, frisch und in Form von Extrakt. Das sehr harte Wasser, etwa 100 cbm täglich, wird einem Brunnen entnommen. Zum Äschern findet nur Kalk, nicht Schwefelnatrium Verwendung. Das Wasser geht nach einer Klärung in Senkgruben in die Orla.

Besichtigung von Pößneck.

Am 28. Juni 1904 wurde die örtliche Besichtigung in Pößneck fortgesetzt. An dieser Besichtigung nahmen außer den beiden Berichterstattern, dem Geheimen Regierungsrat Direktor Professor Dr. Paul und dem Geheimen Hofrat Professor Dr. Gärtner ferner teil:

Der Herzoglich Sachsen-Meiningensche Regierungsvertreter Landrat Mauer, Stadtbaurat Schönfelder und der leitende Arzt des städtischen Krankenhauses zu Pößneck Dr. Körner.

Zunächst wurde die Thalmannsche Tuchfabrik und die auf diesem Grundstück aufgestellten Kläranlagen besichtigt. Die Fabrik verarbeitet Rohwolle bis zum fertigen Tuch. Die Verarbeitung geschieht in derselben Weise, wie auch in den Tuchfabriken zu Neustadt. Zum Färben werden Alizarinblau, außerdem Anilinfarbstoffe, aber kein Indigo und keine Farbhölzer, ferner die üblichen Beizen verwendet. Die Fabrik beschäftigt 250 Arbeiter. Angeblich werden täglich 1000 cbm Wasser verbraucht. Die Abwässer wurden früher in Senkgruben gesammelt. Das Wasser sollte versickern, der Schlamm nach Bedarf ausgefahren werden.

Auf dem Grundstück dieser Fabrik war die Kläranlage, die an anderer Stelle eingehend besprochen ist, aufgestellt.

Sodann wurde die Flanellfabrik von Siegel & Schütze besichtigt, welche etwa 600 Arbeiter beschäftigt. Der Betrieb ist auch hier ähnlich, wie in der vorerwähnten Tuchfabrik. Es wird hier rohe Wolle auf fertige gefärbte Tuche verarbeitet. Das für den Betrieb nötige Wasser wird teils Brunnen, teils dem Bach entnommen. Der Brunnen bringt ein Wasser von 56 deutschen Härtegraden, das Wasser des Kötschau-Baches zeigt 32,9 Härtegrade. Der Verbrauch an Wasser soll pro Tag 1000 cbm betragen. Die Fabrikbesitzer behaupteten, auf dem Fabrikgrundstück keinen Platz für die Herstellung einer Kläranlage zu haben. Das Abwasser der Fabrik ist stark verschmutzt.

Hierauf wurde die Lederfabrik von Fischer und Albert besichtigt, in welcher nur deutsche Schaffelle verarbeitet werden. Die Fabrik beschäftigt 30—40 Leute. Der Fabrikationsgang ist der sonst auch übliche. Die fertigen Häute werden unter gleichzeitiger Verwendung der sonst angewandten Beizen auch mit Anilinfarbstoffen gefärbt. Die Abwässer gehen durch eine Kläranlage in den Mühlgraben. Angeblich wird der Schlamm aus den Gruben wöchentlich einmal, am Montag, ausgehoben. Das Wasser lief am Tage der Besichtigung stark verunreinigt ab.

In der Lacklederfabrik von Brüderlein werden inländische Rind- und Schafhäute verarbeitet. Auch hier war eine, aber unzureichende Kläranlage vorhanden. Täglich werden etwa 50—60 cbm Wasser verbraucht. Das Lackieren der fertig zubereiteten Felle finden in anderen Räumen wie die sonstigen Verarbeitungen statt.

Zum Schluß wurde noch die Rosebrauerei, Inhaber Richard Wagner, besichtigt, welche seit etwa 40 Jahren besteht und etwa 18000 hl Bier jährlich herstellt. Die Menge des Abwassers, das nach Angabe des Brauereibesitzers nicht erheblich verunreinigt sein sollte, soll etwa 180000 hl im Jahre betragen. Die Hefe wird abgefahren. Das Wasser wird durch eigene Leitung einer Quelle entnommen.

Abends fand eine Besprechung darüber statt, an welchen Stellen demnächst Proben von Wasser und Schlamm zu entnehmen und welche Untersuchungen vorbehaltlich etwaiger weiterer Änderungen durchzuführen seien. In bezug hierauf wurde vorläufig vereinbart, es sollten Proben entnommen werden

a) in Neustadt

1. aus der Orla oberhalb der Tuchfabrik von Kolesch,
2. aus dem Mühlgraben oberhalb der Stadt,
3. beim Einlauf der Fabrikabwässer in den offenen Graben oberhalb der Gasanstalt,

4. vor der Nicolsbrücke Mischwasser der Orla,
5. Gerbereiabwässer an dieser Brücke,
6. aus dem städtischen Kanal längs der Orla,
7. aus den 2 städtischen Ablaßkanälen,
8. am Mühlbach unterhalb der letzten Mühle,
9. 50—100 m unterhalb der Straße nach Roda aus der Orla.

Ferner sollten Proben aus der Orla entnommen werden bei:

Neunhofen, Rehmen, Köstitz, Opitz, ferner zwischen Jüdewein und Köstitz aus der Kötschau unterhalb des städtischen Kanals.

Eine Schlammuntersuchung sollte mit den unterhalb Neustadt von der Orla abgelagerten Schlammbänken vorgenommen werden.

In bezug auf die im einzelnen auszuführenden Bestimmungen einigte man sich dahin, daß zu bestimmen seien:

a) Sauerstoffzehrung an Ort und Stelle,
b) organische Stoffe mittels Kaliumpermanganat,
c) suspendierte Stoffe,
d) der Gesamtrückstand,
e) der Glührückstand.

Inbezug auf die Bestimmung der Stickstoffverbindungen, Bestimmung der gesamten Menge der Stickstoffverbindungen, des Ammoniaks, der salpetrigen Säure und der Salpetersäure, sowie auch des Chlors wurde weitere Entschließung noch vorbehalten.

Diese Beschlüsse sind dann später in einzelnen Punkten abgeändert und ergänzt worden.

Am 29. Juni vormittags wurde zunächst eine Besichtigung der Schokoladenfabrik von Berger vorgenommen, unter Leitung des Mitbesitzers Dr. Prell. Die Fabrik entnimmt das für ihren Betrieb nötige Wasser einem Brunnen. Täglich werden etwa 500 cbm Kondenswasser gewonnen. Die Fabrik hat eine Kläranlage, deren Wasser für den Gebrauch der Kessel und zum Spülen verwendet wird, außerdem einen Kühlturm und Kühlteich für die Kondensabwässer.

Eigentlich schmutzige Abwässer liefert die Fabrik nicht, wie die Besichtigung zeigte. Darum scheidet diese Fabrik auch aus den ferneren Erörterungen aus.

Sodann wurde die Flanell- und Tuchfabrik von F. G. Rostner besichtigt, in welcher 150 Arbeiter beschäftigt sind. In dieser Fabrik wird rohe Wolle, auch Gerberwolle bis zum fertigen Tuch verarbeitet. Auf dem Fabrikgrundstück waren drei in ihrer Wirkung aber ungenügende Kläranlagen vorhanden, aus denen schmutziges, milchig getrübtes Wasser ablief. Das Abwasser fließt in den kanalisierten Bach, der städtischerseits als Regenauslaß benutzt wird und bei der Fabrik von Siegel & Schütze in die Kötschau geht. Angeblich sollen diese drei Kläranlagen alle acht Tage gereinigt werden. Am Tage der Besichtigung zeigte aber schon die zweite Klärgrube eine starke Schlammablagerung. Auch die dritte Grube war verschlammt. Jede dieser Gruben war 1,15 m lang und 2,25 m breit, sowie 2 m tief. Jedenfalls erwies sich aber diese Reinigungsvorrichtung als völlig unzureichend.

Die Tuch- und Flanellfabrik von Fischer & Seige beschäftigt 420 Arbeiter. Wollwäscherei findet hier nicht statt, wohl aber entstehen Abwässer bei der Wollwalkerei. Das Wasser wird einem Brunnen entnommen, angeblich 250 cbm pro Tag. Die Abwässer gehen durch Senkgruben in den Kanal, der angeblich mit drei Sieben versehen sein soll, und dann in die Kötschau. Am Tage der Besichtigung waren die Bassins infolge eines früher stattgehabten Brandes noch verschüttet.

Darauf wurde noch eine Anzahl von Gerbereien besichtigt. Zunächst die Gerberei von Diesel und Weiser. In dieser Gerberei werden nur deutsche Häute aus Schlachthöfen, im Jahre etwa 15000 Rindshäute, verarbeitet und zwar findet hier Chromgerberei zur Herstellung von Oberleder und von Treibriemen statt. Das für den Betrieb nötige Wasser wird Brunnen entnommen. Für Weichzwecke wird auch Bachwasser benutzt. Der Gerbereibesitzer klagte über den herrschenden Wassermangel. Das Weichen findet in Weichkästen statt. Die Abwässer gehen durch drei Klärgruben und werden dann in die unmittelbar an dem Grundstück vorbeifließende Kötschau abgelassen, welche hier aufgestaut und etwa alle acht Tage abgelassen wird. In der Chromgerberei finden Tran, Alaun und Kaliumbichromat Verwendung. Die gegerbten Felle werden mit Antichlor behandelt. Das aus einem Weichkasten abgelassene Wasser sah schmutzig graugrün und trübe aus, ging aber direkt in die Kötschau. Auch hier war also die Reinigung der Abwässer vollständig unzureichend.

Es wurde nun die Lederfabrik von R. Weithase & Co. besichtigt, ein nur kleiner Betrieb. Hier findet eine Gerberei roher Häute nicht statt, sondern die bereits anderweitig vorgerichteten Häute werden nur noch mit Sumach behandelt und gefärbt. Es werden hier feine Wagenleder und Lackleder hergestellt. Die Abwässer werden in eine Senkgrube geleitet und gehen dann in einen Kanal. Das Abwasser sah trübe und braun aus. Von einer ausreichenden Reinigung kann daher hier nicht die Rede sein.

Die darauf besichtigte Lederfabrik von Scheller legt angeblich den Betrieb wegen Wassermangels nieder. Früher sollen hier acht Arbeiter außer dem Besitzer und seinem Sohn beschäftigt und 200 Kalbfelle die Woche verarbeitet worden sein. Auch hier wurden die Abwässer nach einer unzureichenden Klärung unmittelbar in die Kötschau geleitet.

Die Gerberei von Gebr. Schmeißer beschäftigt nur zwei Arbeiter und verarbeitet 100—150 ostindische Häute in der Woche. Das Weichen geschieht mit Bachwasser und, wenn das Bachwasser stark verunreinigt und daher unbrauchbar ist, in Weichkästen. Die Abwässer gehen auch hier unmittelbar in die Kötschau. Die Klärbecken sollen angeblich jeden Sonnabend entleert werden.

Schließlich wurde noch der Auslauf des städtischen Hauptkanals in die Kötschau unterhalb Jüdewein besichtigt. Das hier austretende Wasser erwies sich als trübe, jedoch nicht hochgradig verschmutzt.

Am 30. Juni wurde die Besichtigung von Pößneck aus die Orla abwärts fortgesetzt. An dieser Besichtigung nahmen außer dem Berichterstatter und dem Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Paul als Vertreter der Herzoglich Sachsen-Altenburgischen Regierung teil: die Herren Landrat von Kropff, Regierungsrat Oberländer und Baurat

Schierholz. Nachdem die Kommission in Schweinitz zusammengetroffen war, wurde die Besichtigung der Strecke bis Freienorla auf der zum größten Teil unmittelbar neben der Orla sich hinziehenden Landstraße teils zu Fuß, teils zu Wagen fortgesetzt.

Das Wasser der Orla bei Schweinitz war stark verschmutzt. Vor der noch auf weimarischem Gebiet auf halbem Wege zwischen Schweinitz und Kl. Dembach liegenden Maßenmühle war das Wasser aufgestaut und zeigte sich auch hier stark verschmutzt. Erhebliche Mengen von Schwimmstoffen zeigten sich in dem Wasser und Gasblasen stiegen auf.

Die Maßenmühle vermahlt ausländischen Kaolin, Flußspat, Feldspat und Sand für die Contasche Porzellanfabrik zu Pößneck. Das in diesem Betriebe gewonnene Abwasser wird erst nach erfolgter Klärung zur Orla abgelassen und führt dieser daher keine Verunreinigungen zu.

Unterhalb der Maßenmühle befindet sich an der Orla ein Ablaufkanal für Hochwasser. Am Tage der Besichtigung war der Wasserstand der Orla nicht hoch.

In Kl. Dembach führt eine Brücke über die Orla. Das Wasser hat hier wie auch bei Schweinitz einen ziemlich schnellen Lauf, war aber gleichfalls noch stark verschmutzt, wenn auch ein unangenehmer Geruch in erheblichem Maße nicht wahrzunehmen war.

Von Kl. Dembach aus wurde die westlich des Ortes an dem toten Arm der Orla belegene Stätte, die zum Verscharren des an Milzbrand gefallenen Viehs dient, besichtigt. Infolge der mehrfach erhobenen Beschwerden über die allzugeringe Entfernung dieses Platzes von der hieran unmittelbar vorüberführenden Landstraße war diese bereits um 2 Meter weiter westlich gerückt worden. Indessen ist auch jetzt noch die Entfernung der mit einer Umzäunung umgebenen Begräbnisstätte von dem öffentlichen Zwecken dienenden Wege so gering, daß die Beschwerden über die unzweckmäßige Lage dieses Platzes nicht unberücksichtigt erscheinen dürften.

Ferner wurde der im halbkreisförmigen Bogen westlich um Kl. Dembach sich herumziehende tote Arm der Orla besichtigt und festgestellt, daß dieser Arm beim Stauen des Wassers oder bei Hochwasser sich gleichfalls füllen muß. Auf diese Weise etwa in den toten Orlaarm hineingelangende Schmutzstoffe müßten allmählich eine völlige Verschmutzung des Flußbettes herbeiführen. Tatsächlich sah auch das Wasser nicht rein aus.

Zwischen Kl. Dembach und Langenorla liegt Seiferts Mühle, die gleichfalls ein Stauwehr hat. Ebenso befindet sich in Langenorla, einem altenburgischem Dorf von 296 Einwohnern, vor der dort befindlichen Holzschneidemühle ein Stauwehr. Das Wasser zeigte hier eine schmutzig blaugraue Farbe, entwickelte Gasblasen und roch unangenehm. Das Rittergut und Schloß Langenorla wird im halbkreisförmigen Bogen von der Orla umflossen und hat, wie die Besichtigung zeigte, infolge seiner Lage, namentlich in der heißen Jahreszeit außerordentlich unter den Geruchsbelästigungen durch die Orla zu leiden.

Infolge der hier vor einigen Jahren beobachteten Typhusepidemie waren damals 20 im Überschwemmungsgebiet der Orla liegende Brunnen geschlossen und mit Warnungstafeln versehen worden. Indessen gewann man bei der Besichtigung den

Eindruck, als wenn das noch bestehende Verbot der Benutzung dieser Brunnen nicht immer mehr ganz strenge innegehalten würde.

In Freienorla, einem Dorf von 200 Einwohnern, befindet sich eine Porzellanfabrik. Vor dieser Fabrik ist wiederum ein Stau vorhanden. Das Wasser sah hier sehr stark verschmutzt aus. Ein besonderer Geruch war am Tage der Besichtigung zunächst nicht wahrzunehmen. Allerdings war es in der Nacht vor der Besichtigung sehr kalt gewesen. Als dann aber das Wehr gezogen wurde und hierdurch der im Flußbett abgelagerte Schlamm aufgewühlt wurde, machte sich der Geruch der faulenden Schlammmassen in sehr unangenehmer Weise bemerkbar. Der Besitzer der Fabrik, dessen Wohnhaus unmittelbar an der Orla gelegen ist, klagte sehr über die Geruchsbelästigungen, denen er namentlich in der warmen Jahreszeit ausgesetzt sei, und die sich besonders bemerkbar machten, so oft und so bald die Wehre gezogen werden müßten. Die aus der Orla oberhalb der Fabrik andauernd aufsteigenden Gasblasen zeigten deutlich, daß sich dort Fäulnisvorgänge abspielten. Jedenfalls wies die Orla an dieser Stelle einen erheblich höheren Grad der Verschmutzung auf als an ihrem oberen Lauf bis nach Schweinitz hin, ein Umstand, der wohl dadurch mit bedingt sein mag, daß nur selten eine Räumung des Flußbettes hier stattfindet.

Schließlich begab sich die Kommission an die Einmündung der Orla in die Saale. Die Orla ist hier 4 bis 5 Meter breit und etwa $^1/_2$ Meter tief. Das Wasser war schmutzig trübe. Gerüche waren nicht wahrzunehmen. Allerdings war es am Tage der Besichtigung ganz windstill. Die Strömungsgeschwindigkeit der Orla wurde von den Ortskundigen hier zu etwa 40 Meter in der Minute angegeben. An der rechten Seite der Saale, an der die Orla in die Saale einmündet, hob sich auf eine Entfernung von etwa 50 Meter hin noch deutlich die Orla als dunkler Streifen von dem übrigen Flußlauf ab. Übrigens aber wurden am Tage der Besichtigung schon 30 bis 40 Meter von der Einmündung der Orla entfernt Fische in der Saale wahrgenommen.

Nach Schluß der Besichtigung am 30. Juni kehrte die Kommission nach Pößneck zurück und beschloß die Begehung der Orla am 1. Juli mit einer Besichtigung der Orla aufwärts von Köstitz bis Neustadt. An der Begehung nahmen der Großherzoglich Sachsen-Weimarische Bezirksdirektor Stichling, der Herzoglich Sachsen-Altenburgische Landrat von Kropff, der Herzoglich Sachsen-Meiningensche Landrat Mauer, der Landbaumeister Lehmann, der Baurat Schierholz, Geheimer Regierungsrat Direktor Dr. Paul und der Berichterstatter teil. Die Kommission begab sich von Pößneck aus zunächst nach Köstitz und von hier durch die Wiesen die Orla entlang nach Rehmen. Das Wasser der Orla war trübe, aber nicht stark verschmutzt, Gerüche waren nicht wahrzunehmen. Allerdings war es an diesem Tage zunächst, morgens 9 Uhr, mäßig warm, der Himmel bedeckt und kein Wind. Später klärte sich der Himmel auf und es wurde gegen Mittag sehr heiß. In Rehmen sollen nach Angabe Ortseingesessener Fische, wenn auch in geringer Menge, vorkommen. Dort ist eine Mühle mit einem Stauwehr. Auf Veranlassung der Kommission wurde das Wehr der hier nach vorhergehender Teilung in zwei Arme wieder vereinigten Orla gezogen und dadurch eine erhebliche Menge des im Flußbett abgelagerten Schlammes aufgerührt. Das trübe und

schmutzig ablaufende Wasser zeigte einen sehr unangenehmen Geruch. Nach Aussage von Einwohnern sollen hier wiederholt Milzbrandfälle vorgekommen sein.

Auch an dem in Rehmen belegenen Sägewerk Tittelbach, wo Holzschliff hergestellt wird, ist ein Stauwehr vorhanden. Auch hier wurde beim Aufziehen des Wehrs Schlamm aufgerührt. Der Fabrikbesitzer klagte über die immer schlimmer werdenden Geruchsbelästigungen, die sich besonders beim höherem Wasserstande bemerkbar machten. Angeblich werde die Orla (der Mühlgraben) zweimal im Jahr ausgeräumt und vom Schlamm befreit.

Oberhalb des Wehrs war das Wasser klar, der Grund des Flußbettes zum Teil mit Steinen bedeckt. Hier wurden auch kleine Fische im Wasser beobachtet. Die Fischerei soll hier gegen eine jährliche Pachtsumme von 10 Mark verpachtet sein.

Zwischen Rehmen und Oppurg war das Wasser klar, teilweise mit Schilf bewachsen.

Die in Oppurg befindliche Mühle hat kein Stauwehr. Das Wasser sah hier aber sehr trübe und schmutzig aus. Dieser Zustand änderte sich bis Kolba nicht weiter.

Hinter Kolba entfernt sich die Orla von der Landstraße und läuft bis kurz vor Neunhofen am Eisenbahndamm entlang. Hier liegen an der Orla verschiedene Tuchfabriken und Mühlen.

In der Geisslerschen Tuchfabrik, zu Laussnitz gehörend, wurde Tuch für die Pianofortefabrikation grün gefärbt. Die Abwässer gehen in die Orla. Die hier befindliche Oswaldsche Spinnerei arbeitet für Pößnecker Fabriken. In dem Eisenhammer und im Kupferhammer wird gleichfalls Spinnerei betrieben. Jede dieser Spinnereien verarbeitet etwa 500 bis 600 Zentner Wollgarn im Jahr.

Die Verschmutzung der Orla, die Menge des Schlammes und die üblen Gerüche nehmen immer mehr zu, je weiter man sich Neustadt nähert. Nach Aussage des Besitzers des Kupferhammers sollen aus dem dort befindlichen Teich jährlich etwa 100 Fuhren Schlamm herausgeholt werden.

Die Harrasmühle ist eine Getreide- und Sägemühle. Auch hier wurde sehr über die Verschmutzung der Orla und die dadurch bedingten Geruchsbelästigungen geklagt. Die Berechtigung zu diesen Klagen mußte nach dem Ergebnis der Besichtigung anerkannt werden. Eine Benutzung des Orlawassers zu irgendwelchen häuslichen oder gewerblichen Zwecken erscheint bei dem hohen Grade der hier angetroffenen Verschmutzung ausgeschlossen und es erscheint glaubwürdig, daß die Geruchsbelästigungen besonders an heißen Tagen oft unerträglich sind. Diese Belästigungen sind bei der Harrasmühle auch deswegen um so störender, als hier eine Gastwirtschaft betrieben wird und man in Rücksicht auf die landschaftlich anziehende Lage versucht hat, eine Sommerfrische zu errichten.

Das allgemeine Bild ändert sich nun bis Neunhofen und bis vor die Tore von Neustadt nicht wesentlich mehr. Überall zeigten sich die erheblichen Schlammablagerungen, die erhebliche Verschmutzung des Wassers und die Geruchsbelästigungen, wenn auch die letzteren je nach der Witterung und der wechselnden von der Orla mitgeführten Wassermenge verschieden stark empfunden werden mögen.

Hiermit erreichte die erste Ortsbesichtigung ihr Ende. Sie hatte bezweckt, zu-

nächst einen Überblick üder die örtlichen Verhältnisse an der Orla und Kötschau im allgemeinen zu geben und dadurch eine zweite Besichtigung, bei welcher Wasser- und Schlammproben entnommen werden sollten, vorzubereiten.

Die zweite Ortsbesichtigung des Orlagebietes begann am 2. September 1904, an welchem Tage die Kommissare in Orlamünde an der Saale zusammentrafen. An der Besichtigung beteiligten sich außer den beiden Berichterstattern der Geheime Regierungsrat Direktor Dr. Paul und der wissenschaftliche Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte Dr. Pleissner. Es wurde beschlossen, die Besichtigung von Orlamünde aus zu beginnen und die Begehung der Orla flußaufwärts vorzunehmen, hierbei auch die für die weitere Untersuchung nötigen Wasser- und Schlammproben zu entnehmen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich in den Tabellen A und D zusammengestellt.

Besichtigung der Orla von ihrer Einmündung in die Saale bis zum Einfluß der Kötschau in die Orla.

Das Wetter war am ersten Tage der Besichtigung (Nachmittag) kühl und neblig. In der Nacht hatte es stark geregnet.

Bei Orlamünde führt eine Brücke über die Saale. Von dieser Brücke aus wurde eine Wasserprobe aus der von oben her dunkelbraun aussehenden Saale entnommen (vergl. Probe 19 a). Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 494 mg, einen Glühverlust von 185 mg und 5,2 mg Sauerstoff, sowie 48 mg Chlor im Liter. Ammoniak war in kleiner Menge vorhanden, Salpetrige Säure, Salpetersäure und Schwefelwasserstoff fehlten. Die Temperatur betrug 16,9°. Sodann begab sich die Kommission zur Mündung der Orla, um die Stelle zu vereinbaren, an welcher am folgenden Tage eine Entnahme von Proben aus der Saale stattfinden sollte, wofür an diesem Tage die Zeit schon zu weit vorgeschritten war.

Auch am folgenden Morgen, den 3. September, war das Wetter kühl und neblig. Während der Nacht war starker Regen gefallen. Die Entnahme einer Wasserprobe aus der Saale von der Brücke bei Orlamünde aus wurde wiederholt (vergl. Probe 19 b). Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 396 mg, einen Glühverlust von 163 mg, 4,6 mg Sauerstoff im Liter, eine Oxydierbarkeit (Sauerstoff in mg im Liter) von 54,8 und 48 mg Chlor im Liter.

Sodann wurde eine Wasserprobe aus der Orla 150 m oberhalb ihrer Einmündung in die Saale entnommen; Temperatur des Wassers 15,5°. Die Farbe des Wassers war bläulich und grau, der Wasserstand normal (vergl. Probe Nr. 16). Das Wasser gab einen Abdampfrückstand von 490 mg und einen Glühverlust von 170 mg; ferner 1,5 mg Sauerstoff im Liter, sowie reichliche Mengen von Ammoniak. Salpetrige Säure, Salpetersäure und Schwefelwasserstoff fehlten.

Ferner wurde an derselben Stelle eine Schlammprobe entnommen, wobei sich eine starke Gasentwickelung zeigte. Der Schlamm zeigte sehr unangenehmen Geruch. Jedoch ließ sich Schwefelwasserstoff durch Prüfung mit Bleipapier nur in geringer Menge nachweisen. Die Aschenbestimmung ergab 74,5 % Asche, darin außer Eisen, Tonerde und Kalk auch Chrom. Ferner wurden in dem getrockneten Schlamm 5 % Fett ermittelt.

Von der Mündung der Orla begab sich die Kommission darauf nach dem etwa 3 km flußabwärts der Orlamündung am rechten Ufer der Saale belegenen Dorf Kl. Eutersdorf, gegenüber dem Dorf Gr. Eutersdorf. Zwischen beiden Orten kann der Verkehr durch ein Fährboot vermittelt werden. Das Wetter hatte sich aufgehellt, (mittags 12 Uhr), die Sonne schien und stach ein wenig. Es wehte ein leichter Wind. Eine Geruchsbelästigung war nicht wahrzunehmen. Es wurde hier eine Wasserprobe am rechten Ufer der Saale bei Kl. Eutersdorf (Probe Nr. 20 a) und eine Probe vom linken Ufer der Saale bei Gr. Eutersdorf (Probe Nr. 20 b) vom Fährschiff aus entnommen. Temperatur des Wassers 18,5°. Der Wasserstand der Saale sollte nach Angabe des Fährmannes zur Zeit niedrig sein.

Das am rechten Ufer der Saale entnommene Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 448 mg, einen Glühverlust von 184 mg, 3,6 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 55 mg Sauerstoff im Liter, ferner 17 mg Chlor im Liter und Spuren von Ammoniak.

Das am linken Ufer der Saale entnommene Wasser zeigte einen Abdampfrückstand von 434 mg, einen Glühverlust von 172 mg, 3,7 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 56,5 mg Sauerstoff im Liter, 16 mg Chlor im Liter und Spuren von Ammoniak.

Man konnte beobachten, wie die Orla sich auf eine weite Strecke hin mit der Saale nicht mischte, eine Beobachtung, die auch früher schon gemacht worden war.

Nachmittags wurde die Porzellanfabrik in Freienorla besichtigt. Es war inzwischen starker Regen eingetreten. Bei der Fabrik wurden die Schützen gezogen, und es bot sich hier wieder dasselbe Bild wie bei der ersten Besichtigung im Juni. Durch das Ablassen des aufgestauten Wassers wurde der am Boden der Orla abgelagerte Schlamm aufgerührt, es zeigte sich eine lebhafte Gasentwickelung und das mit den dichten Schlammassen vermischte stark schmutzige Wasser stürzte unter Entwickelung eines sehr unangenehmen Geruches das Wehr hinunter. Hier wurde eine Probe entnommen (Probe Nr. 15). Das Wasser ergab 450 mg Abdampfrückstand, 110 mg Glühverlust, 4,3 mg gelösten Sauerstoff und enthielt reichliche Mengen von Schwefelwasserstoff.

Die Kommission begab sich darauf im Wagen über Langenorla bei weiter strömendem Regen nach Kl. Dembach. Von der im Dorf befindlichen Brücke aus konnte eine Probe wegen des zu niedrigen Wasserstandes nicht entnommen werden. Deshalb wurde eine Wasserprobe bei der am oberen Teil des Dorfes gelegenen Mühle entnommen, und zwar vor den gezogenen Schützen. Auch hier floß das Wasser stark verschmutzt ab und zeigte einen ebenso unangenehmen Geruch wie das Wasser bei der Porzellanfabrik in Freienorla (Probe Nr. 14). Das Wasser ergab 670 mg Abdampfrückstand, einen Glühverlust von 155 mg, 35 mg Chlor, reichliche Mengen von Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Die nächste Probe wurde von der in Köstitz befindlichen Brücke aus entnommen. Das Wasser sah grau und schmutzig aus (Probe Nr. 13). Es ergab einen Abdampfrückstand von 695 mg, einen Glühverlust von 470 mg, 0,2 mg gelösten Sauerstoff im Liter, ferner 18 mg Chlor im Liter und Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Tem-

peratur 19°. Der Regen hatte ziemlich aufgehört. Die Bewohner von Köstitz führten Klage über die Geruchsbelästigungen durch die Kötschau und über Verluste, die sie durch Milzbrandfälle unter dem Vieh erlitten hätten.

Sodann begab die Kommission sich nach Pößneck. Abends gegen 10 Uhr wurde die Kötschau innerhalb der Stadt noch einmal begangen, weil behauptet war, Sonnabend gegen 10 Uhr entleerten einzelne Gerbereien ihre Weichkästen in die Kötschau. Es wurde aber festgestellt, daß die Kötschau fast wasserleer war und sich kein unangenehmer Geruch bemerkbar machte.

Am folgenden Tage, Sonntag, den 4. September, fand nur eine Besprechung über den weiteren Gang der Besichtigung statt.

Am 5. September früh wurde eine Probe aus der Kötschau unterhalb der Gasfabrik entnommen (Probe Nr. 12 a), und die Menge des hier gelösten Sauerstoffes zu 0,7 mg im Liter bestimmt. Die Oxydierbarkeit betrug 16,5 mg Sauerstoff für den Liter. Das Wasser war grau, mit Blasen bedeckt und schlammig. Das Wetter war kühl und neblig. Temperatur 13,6°.

Ferner wurde dort eine Schlammprobe entnommen, in welcher 86,5 % Asche und darin Arsen und Chrom nachgewiesen wurden, außerdem 1,5 % Fett.

Sodann fand unter Führung des Stadtbaumeisters Schönfelder eine Begehung der Kötschau flußaufwärts bis zu dem in Oepitz, bereits auf preußischem Gebiete belegenen Sägewerk des Schumann statt. Von der Sägemühle gehen verunreinigte Wässer nicht in die Kötschau. Das Wasser wird gelegentlich gestaut, aber nur zur Speisung der Dampfkessel verwendet. Das Wasser war ziemlich klar, schwach grau gefärbt. Es fließt ziemlich schnell. Es wurde hier eine Wasserprobe und eine Probe des Schlammes aus dem Flußbett entnommen. Temperatur 11,5° (Probe Nr. 9). In dem Wasser wurde die Menge des gelösten Sauerstoffs zu 6 mg im Liter bestimmt. Die Oxydierbarkeit betrug 2,2 mg Sauerstoff für den Liter. Der Schlamm enthielt 85,7 % Asche, darin Eisen, Tonerde, Kalk; Fett konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Kötschau wurde dann stromabwärts von Oepitz bis zu ihrem Eintritt in Pößnecker Gebiet nochmals besichtigt, und es wurde festgestellt, daß die Kötschau ohne sichtbare Verunreinigungen in die Stadt eintritt.

Kurz vorher nimmt die Kötschau den von Westen herkommenden Schlettweiner Bach auf. An diesem liegt die Gipsfabrik von F. F. Schmidt. Auch diese wurde von der Kommission besucht. Hier wird das zwar harte, im übrigen aber reine Wasser zum Gebrauch für die Dampfkessel nach Bedarf gestaut. Verunreinigungen erheblicher Art gehen von der Gipsfabrik nicht in den Bach. Die Kötschau wird daher im allgemeinen durch den Schlettweiner Bach nicht ungünstig beeinflußt werden. Das Wasser des Schlettweiner Bachs (Probe Nr. 10) enthielt 7 mg Sauerstoff im Liter und hatte eine Oxydierbarkeit von 4,5 mg Sauerstoffverbrauch für den Liter.

Vor den Toren von Pößneck liegt die Lederfabrik von Albert und Fischer, die gleichfalls besichtigt wurde. Die abgesonderte Lage der Fabrik würde eine besondere Zuleitung zu einer zentralen Reinigungsanlage bedingen, aber einen Anschluß doch nicht unmöglich erscheinen lassen.

Es wurde sodann die Kötschau bei der Fabrik von Brüderlein, in der Nähe der

Eisengießerei von Gebrüder Prager besichtigt. Der Bach hatte an dieser Stelle bereits die Abwässer der Lederfabrik von Albert und Fischer aufgenommen. Der Bach sah trübe und graubraun gefärbt aus, zeigte aber keinen Geruch. Temperatur 14,5° (Probe Nr. 11). Das Wasser hatte einen Sauerstoffgehalt von 5,6 mg pro Liter und zeigte eine Oxydierbarkeit von 5,4 mg Sauerstoffverbrauch für den Liter. Nach Aussage eines dort im Bach seine Felle spülenden Mannes sollen in der Kötschau auch hier noch Fische (Forellen, Hechte, Barsche) vorgekommen sein. Jetzt fänden sie sich nur noch vereinzelt. Übrigens war in Oepitz bei der Besichtigung ein Fischkasten in der Kötschau beobachtet worden. Nachdem die Berichterstatter sich mittags noch dem Bürgermeister von Pößneck vorgestellt hatten, wurde nachmittags die Stelle des Auslaufes des städtischen Abwasserkanales in die Kötschau aufgesucht. Es wurde hier am Tage der Besichtigung der Austritt von Abwässern nicht beobachtet. Temperatur 21,8°. Die Untersuchungsprobe wurde schließlich bei Köstitz nach dem Zusammenfluß der Orla und der Kötschau aus der Orla entnommen. Schlammprobe ergab 96 % Asche, darin Arsen und Chrom, aber nur Spuren von Fett. Das Wasser der Kötschau sah trübe und graublau aus.

Da die Möglichkeit zu berücksichtigen war, daß die in der Saale unterhalb der Einmündung der Orla beobachteten Verunreinigungen und Schädigungen der Fischerei zum Teil auch auf die Abwässer zurückzuführen seien, welche aus dem städtischen Kanalrohr zu Rudolstadt, aus einer dort gelegenen Gerberei, und aus der zu Schwarza gelegenen Papierzellstoffabrik stammten, so war nach vorhergehender Verständigung mit der Fürstlich Schwarzburg-Rudolstädtischen Regierung auch eine Besichtigung der genannten beiden Orte und eine Besichtigung des zwischen ihnen gelegenen Teiles der Saale beschlossen.

Am 6. September begab sich die Kommission daher zunächst nach Schwarza an der Saale und besichtigte dort die seit dem Jahre 1888 bestehende Schwarzburger Papierzellstofffabrik unter Führung des Fürstlich Schwarzburg-Rudolstädtischen Geheimen Baurats Brecht, des Direktors der Fabrik Zudt und des Betriebsleiters.

Die Fabrik verarbeitet meist Fichtenholz aus der Umgegend, aber auch aus Oberschlesien und Böhmen. Die Herstellung des Papierzellstoffs geschieht nach dem Mitscherlichschen Verfahren durch Erhitzen des Holzes mit schwefligsaurem Kalk. Dieser wird durch Verbrennen von sizilianischem Schwefel (60000 bis 70000 kg monatlich) in Öfen und Auffangen des entstandenen Schwefeldioxyds in Kalkmilch gewonnen. Das Erhitzen des Holzes geschieht in Kochern von etwa 40 Kubikmetern Rauminhalt unter Druck (3 Atmosphären) auf 128°, während einer Dauer von etwa 24 bis 30 Stunden. Das Gebrauchswasser, etwa 2000 Kubikmeter in 24 Stunden, entnimmt die Fabrik der Saale, es wird zunächst in großen Kläranlagen durch Sandfilter gereinigt. Die beim Entleeren der Kocher gewonnenen Abwässer, deren Menge annähernd ebenso groß wie die des der Saale entnommenen Wassers ist, werden in ein großes Bassin geleitet. Hier soll sich angeblich nur wenig Schlamm absetzen. Schließlich werden die Abwässer aus dieser Grube an der Grenze des Fabrikgrundstückes in die Saale abgeleitet.

Unterhalb der Papierzellstofffabrik zeigten sich große Vließe von grauen Pilz-

wucherungen, die oberhalb der Fabrik überhaupt nicht vorhanden waren. Nach den auch anderwärts gemachten Erfahrungen sind sie zweifellos mit den Abwässern der Papierzellstofffabrik in einen ursächlichen Zusammenhang zu bringen.

Nach einer biologischen Prüfung mehrerer von dem Wehre abgelöster Proben von Pilzrasen durch den Kustos am botanischen Institut der Technischen Hochschule in Dresden, Dr. Schaler, bestanden diese der Hauptsache nach aus Knorpelkrusten von Nectria moschata (Fusarium aquaeductum) und Vließen von Sphaerotilus natans; daneben fanden sich noch Oscillatorien, Diatomeen, Synedra ulna, Scenedesmus quadricauda.

Unterhalb dieser Fabrik befindet sich an der Saale noch eine Holzschleiferei, die jedoch zur Zeit der Besichtigung nicht im Betrieb war.

In der Nähe dieser Holzschleiferei war ein Wehr, dessen Holzbeschlag gleichfalls mit teils rosa, teils grau oder schwarz gefärbten Pilzrasen und kurzen Zotten überzogen war. Weiter abwärts verschwinden die Pilzwucherungen wieder.

Nach Beendigung dieser Besichtigung begab die Kommission sich nach Rudolstadt und besichtigte hier die an der Saale am nördlichen Ende der Stadt belegene Gerberei von Jünsch. In dieser Gerberei wird Oberleder hergestellt. Es werden wöchentlich etwa 600 bis 800 ostindische Häute (Kipse) verarbeitet. Das Einweichen und Spülen der Häute geschieht in der Saale. Die Verarbeitung geht hier im übrigen in gleicher Weise vor sich wie in den Gerbereien zu Neustadt und Pößneck.

Die aus dieser Gerberei stammenden Verunreinigungen sind aber nicht die einzigen, welche der Saale zugeführt werden. Etwa 200 m oberhalb der Gerberei mündet der untere Ausfluß der städtischen Abwässer in die Saale.

Am Tage der Besichtigung (6. September 1904) zeigte sich nun die Saale an der unteren Einmündungsstelle des Städtischen Abwasserkanals allerdings stark verschmutzt. Es hatte sich eine übelriechende Schlammbank gebildet, auch konnte beobachtet werden, wie Fäkalien mit den Abwässern der Saale zugeführt wurden. Im übrigen war das Wasser der Saale dunkel aber klar.

Einige Meter unterhalb des Einlaufes des Städtischen Abwasserkanals sieht man nichts mehr von den durch diesen der Saale zugeführten Verunreinigungen. Dahingegen zeigen sich zahlreiche Zotten und Vließe im Wasser. Übrigens klagte der Gerber über die durch die städtischen Abwässer häufig herbeigeführten Belästigungen.

Sodann wurde die Saale etwa 1000 Meter flußabwärts begangen. Hier wurden große Schlammfladen auf dem Wasser beobachtet, auch zeigte sich ein übler Geruch. Arbeiter, die an der Saale mit dem Mähen des Grases beschäftigt waren, sagten aus, daß dieser üble Geruch von den städtischen Abwässern herrühre und daß sich diese Belästigungen besonders bemerkbar machten bei niedrigem Wasserstande.

Zum Schluß wurde auch noch der zweite, obere Auslaß der städtischen Abwässer in der Nähe der Saalebrücke besichtigt. Dieser führte aber am Tage der Besichtigung der Saale überhaupt kein Wasser zu. Die Kommission kehrte darauf nach Pößneck zurück.

Am 7. September wurde die Papierzellstofffabrik zu Schwarza nochmals besichtigt, um Wasserproben zu entnehmen.

Die bereits früher erwähnten Abwässer der Fabrik werden zunächst, was gleichfalls bereits angeführt wurde, in einer großen Grube vereinigt, von wo sie durch ein Kanalrohr in die Saale abgeleitet werden. An den Stellen, wo diese Leitung Biegungen macht, befinden sich Schächte, die mit einer Talgschicht abgedichtet sind. Das einem dieser Schächte entnommene Wasser war rein gelb gefärbt, schwach getrübt und zeigte süßlichen Geruch. Schweflige Säure konnte durch den Geruch nicht wahrgenommen werden.

Sodann wurde eine Probe des Wassers aus der Mitte der Saale bei dem Eisenbahnviadukt oberhalb Schwarza von einem über die Saale führenden Steg aus entnommen. Das Wasser war schwach braun gefärbt aber klar. Vließe und Zotten waren hier nicht wahrzunehmen (Probe 18a). Das Wasser gab einen Abdampfrückstand von 370 mg, einen Glühverlust von 110 mg, 8,8 mg gelösten Sauerstoff und eine Oxydierbarkeit von 22 mg Sauerstoff im Liter. Ammoniak und Salpetersäure waren in Spuren, Schwefelsäure in einer Menge von 45 mg vorhanden. Das Wetter war wechselnd, teilweise sonnig, teilweise war der Himmel bedeckt.

Zwei weitere Wasserproben wurden aus der Saale bei dem schon erwähnten Wehr unterhalb Schwarza entnommen, und zwar eine Probe vom linken, eine Probe vom rechten Ufer. Das Wasser war braun gefärbt. Zeitweilig machte sich ein unangenehmer Geruch bemerkbar (Probe 18b links).

Die am linken Ufer der Saale entnommene Probe ergab einen Abdampfrückstand von 410 mg, einen Glühverlust von 130 mg, und 2,1 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 126 mg Sauerstoffverbrauch für den Liter und 42 mg Schwefelsäure im Liter.

Die am rechten Ufer der Saale entnommene Wasserprobe (Probe Nr. 18b rechts) ergab einen Abdampfrückstand von 415 mg, einen Glühverlust von 112 mg, 0,7 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 111 mg Sauerstoffverbrauch für den Liter und 56 mg Schwefelsäure im Liter.

Sodann begab die Kommission sich nach Rudolstadt und entnahm hier an der Elisabethbrücke eine Wasserprobe (Probe Nr. 17).

Das Wasser gab einen Abdampfrückstand von 390 mg, einen Glühverlust von 120 mg, 4,2 mg gelösten Sauerstoff im Liter und 54 mg Schwefelsäure. Die Oxydierbarkeit betrug 46 mg Sauerstoffverbrauch für den Liter.

Zur weiteren Entnahme von Proben begab die Kommission sich darauf nach dem flußabwärts hinter Rudolstadt an der Saale belegenen Dorf Unterhasel. Hier wurde von einem Fährboote aus in der Mitte der Saale eine Wasserprobe entnommen (Probe 17b).

Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 385 mg, einen Glühverlust von 115 mg, 3,0 mg gelösten Sauerstoff und Spuren von Ammoniak; außerdem wurde eine Schlammprobe vom rechten Ufer des Flusses genommen. Die Untersuchung des Schlammes ergab einen Aschengehalt von 81 %, darin Arsen und Chrom, letzteres allerdings nur in Spuren, sowie 1 % Fett. Das Wasser war braun und durchsichtig. In ihm schwammen zahlreiche Pilzfäden und Flocken herum. Die Steine auf dem

Grunde waren mit kurzen Zotten überzogen. Am Rande des linken Ufers waren Schlammablagerungen in erheblicher Menge vorhanden.

Sodann wurde die Rückkehr nach der Stadt angetreten, und hier nochmals das Saaleufer innerhalb der Stadt begangen. Pilzwucherungen waren hier nirgends wahrzunehmen, stellenweise zeigte sich aber ein recht übler Geruch, zum Teil von dem Städtischen Abwasserkanal, zum Teil von der Gerberei herrührend.

Nach Schluß der Besichtigung kehrte die Kommission nach Pößneck zurück.

Am 8. September begab die Kommission sich vormittags von Pößneck aus mit einem Wagen nach Rehmen. Das Wetter war trübe und regnerisch. In Rehmen wurde am Schafsteg des Landwirts Paul Werner eine Schlammprobe aus der Orla entnommen. Die Untersuchung des Schlammes ergab einen Aschengehalt von 77 %, darin wiederum Arsen und Chrom, sowie ferner 1 % Fett. Eine Sandbank unterhalb des Steges war schlammfrei, oberhalb des Steges war schwarzer Schlamm wahrnehmbar. Das Wasser der Orla war ziemlich rein und zeigte keinen Geruch. Die auf der Karte gezeichneten Zuflüsse der Orla waren völlig ausgetrocknet. Nach Aussage eines Ortseinwohners soll dort verschiedenen Landwirten Vieh durch Milzbrand zugrunde gegangen sein.

In Oppurg war das Wasser der Orla klar, die Uferränder waren vielfach verschlammt. Gerüche waren nicht wahrzunehmen.

An der Schloßmühle zu Oppurg war das Wasser gestaut. Der Müller sagte aus, daß die Verschmutzung der Orla und die Geruchsbelästigungen an Sonnabenden und Sonntagen besonders schlimm seien.

Sodann begab die Kommission sich orlaaufwärts zu der zwischen Oppurg und Kolba belegenen Spinnerei. Hier war das Wehr vor mehreren Stunden gezogen. Das Wasser sah sehr schmutzig aus, der Grund des Flußlaufes war schwarz und verschlammt. Hier wurden eine Wasserprobe und zwei Schlammproben entnommen. Temperatur 14° (Probe Nr. 6a).

Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 370 mg, einen Glühverlust von 85 mg, 1,9 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 17,6 mg Sauerstoff im Liter, 17 mg Chlor und Spuren von Ammoniak.

Die Untersuchung des einen Schlammes ergab 80,6 % Asche, 1 % Fett, aber kein Arsen und Chrom. Die zweite Schlammprobe enthielt 77 % Asche, 1,6 % Fett, außerdem Chrom in Spuren.

Von hier ab wurde der Fußweg die Orla entlang über die Harrasmühle nach Neunhofen eingeschlagen. Das Wasser wurde immer trüber, je weiter man flußaufwärts kam. Stellenweise zeigten sich auch sehr unangenehme Gerüche.

In Neustadt selbst war der Mühlgraben fast klar, in der Orla aber kaum Wasser vorhanden. In Neustadt, wo die Kommission um 3 Uhr mittags eintraf, fand nachmittags eine Besprechung mit dem Vertreter des zurzeit beurlaubten Bezirksdirektors, Bezirksassessor Dr. Hausmann statt.

Unter der Führung des letztgenannten und des Bauverwalters Pechstedt begab die Kommission sich am 9. September vormittags zu der Tuchfabrik von Kolesch. Dort wurde oberhalb der Fabrik eine Wasserprobe und eine Schlammprobe entnommen. Das Wasser war klar, der Grund sandig. Temperatur 12,7° (Probe Nr. 1).

Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 345 mg, einen Glühverlust von 110 mg, 6,7 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 4,2 mg Sauerstoff, 15 mg Chlor, aber weder Ammoniak noch Schwefelwasserstoff. Die Untersuchung des Schlammes ergab 88 % Asche, darin waren Arsen und Chrom nicht nachweisbar, außerdem war Fett nicht vorhanden. Aus der Tuchfabrik floß zurzeit kein Schmutzwasser ab. Hinter der Tuchfabrik trennt sich die Orla in zwei Arme. An dieser Stelle befindet sich das Wehr der Maimühle, das kürzlich neu instand gesetzt war. Hier kann das Wasser im Mühlgraben gestaut und der Orla vorenthalten werden, angeblich auf Grund eines alten verbrieften Rechtes. Am Tage der Besichtigung floß nur wenig Wasser in die Orla.

An der Brücke beim Schießhaus war das Wasser der Orla gestaut. Bei dem Stau beim Beginn der Gerberstraße, gegenüber den Gerbereien von Reinhold Wilde auf der einen Seite und von Friedrich Schneider auf der anderen Seite war das Wasser milchig weiß getrübt. Beim weiteren Begehen der Gerberstraße wurde festgestellt, daß die Verschmutzung der Orla immer mehr zunahm. Von der Gerberei von Erich Rocktäschel ab wurde auch die Wassermenge immer geringer. An der Brücke vor der Gerberei von Josef Krahner befindet sich ein Stauwehr, das am Tage der Besichtigung überhaupt kein Wasser mehr in den unteren Teil der Orla entließ. In dem aufgestauten Wasser wurden Felle geweicht. Das Wasser war graugrün und trübe und roch stark nach Heringslake. Hier wurde eine Wasserprobe entnommen (Probe Nr. 2).

Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 510 mg, einen Glühverlust von 120 mg, keinen gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 93 mg Sauerstoff und nicht unerhebliche Mengen von Ammoniak.

An der Nicolsbrücke mündet der erste Auslauf der städtischen Kanalisation. Das Wasser war hier schmutzig schwarzgrün. Geruchsbelästigungen waren nicht wahrzunehmen. Unterhalb dieser Stelle war das Flußbett sehr schmutzig und enthielt zahlreiche Schlammbänke. Unterhalb des Hauptauslasses der städtischen Kanalisation und bei der Fabrik von Krahner jun. wurde eine Wasserprobe entnommen. Temperatur 13,5° (Probe Nr. 3).

Das Wasser ergab einen Abdampfrückstand von 365 mg, einen Glühverlust von 90 mg, 4,2 mg gelösten Sauerstoff, eine Oxydierbarkeit von 28,1 mg Sauerstoff und Spuren von Ammoniak.

Weiter unterhalb vereinigen sich der Mühlgraben und die Orla wieder miteinander. Hier wurde eine Wasserprobe und eine Schlammprobe entnommen. Temperatur 14°. Das Wasser war trübe und braungrau (Probe Nr. 4).

Die Untersuchung des Wassers ergab einen Abdampfrückstand von 490 mg, einen Glühverlust von 110 mg und 1,2 mg gelösten Sauerstoff, sowie eine Oxydierbarkeit von 32,4 mg Sauerstoff. Der Schlamm enthielt 83 % Asche, darin Arsen und Chrom sowie 1 % Fett.

Unterhalb der Stelle, wo die beiden Arme der Orla sich wieder vereinigen, mündet ein Graben in die Orla, welcher dieser die Abwässer einer in Börthen, einem 20 Minuten von Neustadt entfernt gelegenen Dorf, befindlichen Gerberei zuführen soll. Am Tage der Besichtigung enthielt der Graben kein Wasser.

Hiermit erreichte die zweite Besichtigung ihr Ende. Sie hatte im allgemeinen die Eindrücke bestätigt, welche bereits bei der ersten Besichtigung gewonnen waren, und wiederholt gezeigt, daß die Verschmutzung der Orla wie der Kötschau durch die gewerblichen Abwässer beider Orte allerdings einen hohen und bedenklichen Grad erreicht hatte. Diese Auffassung wurde weiter bestätigt durch das Ergebnis der Wasser- und Schlammuntersuchungen.

Andererseits aber hatte die Besichtigung auch gelehrt, daß von einem nennenswerten Einfluß der in Schwarza und Rudolstadt der Saale zugeführten gewerblichen und städtischen Abwässer auf den Reinheitsgrad der Saale unterhalb der Einmündung der Orla kaum die Rede sein kann.

Es kann darüber auch schon nach dem Augenschein allein kein Zweifel bestehen, daß sowohl die Orla in Neustadt wie auch die Kötschau in Pößneck durch die ihnen zugeleiteten Abwässer in einer nicht länger duldbaren Weise belastet werden. Allerdings ist der Grad dieser Belastung zu den verschiedenen Jahreszeiten wechselnd und unterliegt zweifellos auch an den einzelnen Tagen Schwankungen. Als Neustadt im Juni und September 1904 besichtigt wurde, zeigte sich die Orla in der Gerberstraße in hohem Maße verschmutzt. Bei der Wiederholung der Besichtigung im Februar 1907 (s. u.), konnte von einer gleich erheblichen Verschmutzung nicht die Rede sein. Die kalte Jahreszeit machte das sonst übliche Spülen der Felle in der Orla unmöglich. Die täglichen Schwankungen des Grades der Verunreinigung der Flußläufe sind naturgemäß bedingt durch den wechselnden Betrieb in den einzelnen Gewerbsanstalten. So werden sich daher bei der Untersuchung des Wassers der verunreinigten Flußläufe an verschiedenen Tagen auch verschiedene Werte der einzelnen in dem Wasser vorhandenen Bestandteile ergeben. Trotzdem können einzelne herausgegriffene Zahlen ein annäherndes Bild davon geben, welche Verschmutzung der Flußläufe tatsächlich durch die gewerblichen Anstalten sowohl in Neustadt wie in Pößneck bedingt wird.

Bei ihrem Eintritt in Neustadt ist die Orla nur wenig verunreinigt. Die dort bei der Tuchfabrik von Kolesch entnommene Wasserprobe (Probe Nr. 1) enthielt 345 mg Abdampfrückstand, eine der Orla in Neustadt entnommene Probe (Probe Nr. 2) 510 mg. Die bei der Koleschschen Tuchfabrik entnommene Wasserprobe enthielt 6,7 mg Sauerstoff im Liter und zeigte eine Oxydierbarkeit von 4,2 mg Sauerstoff im Liter. Die in Neustadt entnommene Probe enthielt 0 mg Sauerstoff und zeigte eine Oxydierbarkeit von 93,5 mg Sauerstoff im Liter. Auch die weiter flußabwärts entnommenen Wasserproben zeigten einen nur geringen Gehalt an gelöstem Sauerstoff und einen vermehrten Sauerstoffverbrauch bei der Oxydation, wie die folgenden Zahlen zeigen:

	Gelöster Sauerstoff:	Oxydierbarkeit:
(Probe Nr. 4) Probe an der Ehrlichsmühle entnommen	1,2	32,4
(Probe Nr. 5) Probe aus Neunhofen . .	1,4	20,6
(Probe 6a und 6b) Probe aus Kolba . .	1,9	17,6
	0,9	25,7
(Probe Nr. 8) bei Köstitz, vor der Vereinigung mit der Kötschau	3,5	12,8

Die Abnahme des gelösten Sauerstoffs und die zunächst eintretende erhebliche Vermehrung der Oxydierbarkeit weisen deutlich darauf hin, wie in Neustadt erhebliche Mengen sauerstoffzehrender Stoffe dem Wasser der Orla zugeführt worden sind.

Ein ähnliches Bild zeigt die Kötschau vor ihrem Eintritt in die Stadt und nachdem sie Pößneck wieder verlassen hat:

	Gelöster Sauerstoff:	Oxydierbarkeit:
(Probe Nr. 9) Probe aus Oepitz	6,0	2,2
(Probe Nr. 6a und 6b) Probe von der Gasanstalt in Pößneck	0,7	16,5
	0,7	34,6

Die unter Umständen erhebliche Vermehrung des Abdampfrückstandes des Kötschauwassers war übrigens auch schon bei der von dem Kaiserlichen Gesundheitsamt im Jahre 1897 ausgeführten Besichtigung festgestellt. Die Kötschau (Mühlenbach) enthielt einen Abdampfrückstand von 941 mg, eine aus der Kötschau unterhalb Pößneck entnommene Wasserprobe 1352 mg. Auch hier ist also der Einfluß der dem Kötschaubach zugeführten Verunreinigungen deutlich zu erkennen.

III. Die Art der Fabrikation und die Beschaffenheit der Abwässer.

Die Art der Fabrikation in den Gerbereien und Tuchfabriken war bereits in dem mehrfach erwähnten Gutachten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, betreffend die Verunreinigung der Kötschau und der Orla besprochen. Der Betrieb hat seit jener Zeit in einzelnen Punkten kleine Änderungen erfahren. Aus diesem Grunde und um ein zusammenhängendes Bild der Verhältnisse zu geben, ist daher in dem Nachstehenden noch einmal kurz der Gang der Fabrikation in den Gerbereien und Tuchfabriken beschrieben, soweit diese Verhältnisse hier in Betracht zu ziehen sind.

a. Die Gerbereien.

Zur Verarbeitung gelangen hier sowohl ausländische, insonderheit ostindische Häute (Kipse), wie auch Häute von inländischen Schlachthöfen. Es wird nicht in Abrede gestellt, daß die ausländischen Häute bisweilen zu ihrer Erhaltung auch wohl mit arseniger Säure behandelt sein können. Auch eine Behandlung mit Naphthalin wurde einmal erwähnt.

Die Häute werden in den Gerbereien nach ihrem Eintreffen ohne eine weitere Vorbehandlung in Bearbeitung genommen. Es kommen daher getrocknete, gesalzene oder frische Häute zur Verarbeitung.

Zunächst werden die Häute eingeweicht, das heißt sie werden in fließendes Wasser oder, wo dieses nicht zur Verfügung steht, in „Weichkästen" gebracht, d. h. mit Wasser gefüllte Bottiche, in denen die Häute, je nach Bedarf kürzere oder längere Zeit verweilen. Durch diese Behandlung werden die Häute aufgeweicht und das zur Erhaltung der Häute verwendete Salz, auch die etwa vorhandene arsenige Säure wenigstens zum Teil gelöst. Das Weichwasser der Weichkästen wird nicht täglich, sondern alle 8 Tage oder auch in längeren Zwischenräumen erneuert. Vielfach wird die Ansicht vertreten, daß schon gebrauchtes Wasser seinen Zweck besser erfülle als frisches

Wasser. Das Wasser der Weichkästen reichert sich daher allmählich mit gelösten Stoffen an.

Sodann folgt das „Ausstreichen“ der Häute. Auf einem Block werden die Häute mit einem stumpfen Messer bearbeitet, um das Wasser und die Gewebsflüssigkeit sowie die der Haut noch anhaftenden Fleisch- und Fetteile zu entfernen. Diese festen Abfälle werden in den Leimsiedereien oder als Dung verwertet. Die flüssigen Abfälle finden keine weitere Verwendung, sondern werden dem Flußlauf übergeben.

Sodann kommen die Häute in die Kalk- oder Schwefelnatriumäscher. Die Äschergruben erhalten zum Teil noch Zusätze z. B. Chlorkalk. Durch diese Behandlung sollen die Haare gelockert werden. Sobald dies erreicht ist, werden die Häute gespült, teils in fließendem Wasser, teils in den Weichkästen, deren Wasser nun aber häufig erneuert werden muß. Sodann werden die Haare mechanisch beseitigt. Sie bilden beim Schaf die Gerberwolle, die gleichfalls in einigen Tuchfabriken auf Tuche verarbeitet wird. Der Behandlung in den Äschern folgt bei gewissen Ledersorten auch noch eine Behandlung mit Hunde-, Hühner- oder Taubenkot, der mit Wasser angerührt ist.

Zum eigentlichen Gerben finden frische Lohe, Lohauszüge, Gerbstoffauszüge wie Quebracho, Myrobalanen und andere Verwendung. Die Gerbbrühen werden immer wieder gebraucht, um sie nach Möglichkeit auszunutzen.

In der in einzelnen Gerbereien betriebenen Chromgerberei finden Kaliumchromalaun und Kaliumbichromat. sowie ferner Natriumthiosulfat Verwendung.

Soweit das fertige Leder in den allerdings nur in geringer Zahl vorhandenen Lederfärbereien gefärbt wird, finden hierzu Teerfarbstoffe oder auch Farbholzauszüge Verwendung. Auch hier ist man bemüht, die Farblösungen so vollständig wie möglich auszunutzen. Trotzdem verbleiben in den Abwässern unvermeidlicher Weise kleine Mengen der Farbstoffe.

Die Sämisch- oder Ölgerberei findet nur in beschränktem Maße Anwendung. Bei ihr werden die Häute mit Tran oder anderen fetten Ölen in sich drehenden Trommeln behandelt oder gewalkt und längere Zeit der Einwirkung des Fettes überlassen. Der Überschuß des letzteren wird durch Auswaschen mit einer lauwarmen Lösung von Pottasche oder Soda entfernt.

Aus dem Angeführten ergibt sich, daß aus den Gerbereien die folgenden Abfallstoffe erhalten werden und in die Abwässer gelangen können: Weichwasser mit denjenigen gelösten Stoffen, mit denen die Häute behandelt waren, vor allem Kochsalz, auch Arsenik, ferner Schmutzstoffe, Blut, Fett, Fleischreste, Gewebsflüssigkeit usw.

Beim Ausstreichen der Häute ergeben sich unter den vorstehend angeführten Abfallstoffen vor allem große Mengen organischer Abfallstoffe. Das Wasser der Kalkäscher führt sehr bedeutende Mengen von Kalk, bisweilen auch Chlorkalk mit sich, und enthält daneben erhebliche Mengen organischer Stoffe. Die von den Kotbädern gewonnenen Abwässer sind gleichfalls reich an organischen Stoffen, Kotresten usw.

Beim eigentlichen Gerbevorgang werden verhältnismäßig wenig Abfallstoffe gewonnen, weil man, wie schon erwähnt, bemüht ist, diese Gerbbrühen nach Möglichkeit auszunutzen. Nichtsdestoweniger können auch kleine Mengen von Gerbstoffen

in jedem einzelnen Fall in die Abwässer gelangen und so die gesamte Menge der organischen Stoffe vermehren. Dasselbe gilt schließlich auch von den Farbbrühen der Lederfärbereien. Auch hier ist man bemüht, die Farbstoffe nach Möglichkeit auszunutzen und wird daher im allgemeinen versuchen, die noch an Farbstoffen reichen Brühen im Betriebe zurückzubehalten. Auch darf man sich durch die oft stark gefärbten Abwässer inbezug auf die Menge der noch gelösten Farbstoffe nicht täuschen lassen. Die Farbstoffe besitzen oft ein solches Färbevermögen, daß auch ein stark gefärbtes Abwasser doch nur sehr geringe Mengen von Farbstoff gelöst enthält.

b. Die Tuchfabriken.

Die Tuch- und Flanellfabriken verarbeiten fast ausnahmslos die rohe Wolle bis zum fertigen Tuche. In einzelnen Betrieben wird auch Gerberwolle verarbeitet, d. h. die bei der Zurichtung der Häute für das Gerben als Abfälle gewonnene Wolle.

Zunächst wird die rohe Wolle gewaschen. Hierbei werden Seife, Sodalösung und in einzelnen Betrieben auch Salmiakgeist verwendet. Die gewaschene Wolle wird gespült, getrocknet und, um sie für das Spinnen geschmeidig zu machen, eingefettet. Der gesponnene Faden, das Garn, wird mit Leim oder Stärke versetzt und zum Weben von Tuch verwendet. Das gewebte Tuch wird gewalkt, um die bei der Verarbeitung der Wolle zugesetzten Stoffe wieder zu beseitigen und durch Verfilzen der einzelnen Wollhaare die Haltbarkeit des Gewebes zu erhöhen.

Früher wurde in ausgedehntem Maße die Erdwalke verwendet, d. h. geschlemmte Tonerde, Walkerde, wurde in Wasser aufgeschwemmt und das zu walkende Tuch in dieser Aufschwemmung mit Maschinen geknetet und gerieben. Die Tonerde wurde schließlich durch Waschen beseitigt. Seither ist die Erdwalke immer mehr verdrängt worden und an ihrer Stelle wird die Seifenwalke in ausgedehnterem Maße angewendet, d. h. das Tuch wird mit einer warmen Seifenlösung in sich drehenden Trommeln bearbeitet und die Seifenlösung schließlich erst mit warmem, dann mit kaltem Wasser ausgewaschen.

Um die den Wollfasern des gewalkten Tuches stets noch anhaftenden Pflanzenfasern zu entfernen, wird das Tuch in verdünnte Schwefelsäure getaucht und durch heiße Walzen gepreßt. Die pflanzlichen Fasern werden dabei verkohlt. Die Schwefelsäure wird durch verdünnte Sodalösung und Wasser ausgewaschen. Das Abbrennen der Pflanzenfasern wird auch so bewirkt, daß das Tuch über schnell sich drehende Walzen bewegt und mit offenen Flammen in Berührung gebracht, karbonisiert wird. Nur die Pflanzenfasern werden dabei abgesengt.

Die gewalkten Tuche werden schließlich gefärbt. Als Farbstoffe dienen dabei Farbhölzer, Indigo, Alizarin und verschiedene Anilinfarbstoffe. Als Beizmittel werden die auch sonst üblichen Tonerde-, Chrom- und Eisenbeizen, Zinnchlorür, Natriumsulfat usw. verwendet.

Aus den Tuchfabriken werden demnach die folgenden Abfallstoffe gewonnen: Beim Waschen der Wolle Abwässer, welche Seife, Soda, auch Salmiakgeist enthalten können, außerdem Schmutzteile, Wollschweiß usw.

Beim Walken der Tuche werden außer Seife und Soda Baumöl oder andere zum Einfetten des Garnes verwendete Öle, Leim, Stärke, Wollfasern, bei der späteren Verarbeitung Schwefelsäure und Soda in den Abwässern erhalten.

In bezug auf das Färben der Tuche gelten die Bemerkungen, welche in bezug auf das Färben des Leders gemacht wurden. Im allgemeinen wird man bemüht sein, möglichst wenig Farbstoffe in den Abwässern zu belassen.

Demnach können kleine Mengen der verschiedenen hier verwendeten Farbstoffe und der bei ihrer Verarbeitung verwendeten verschiedenartigen Beizen in die Abwässer gelangen und dadurch die Menge der gelösten oder schwebenden Stoffe vermehren.

Ein erheblicher Rückgang ist nur gegen früher, wie bereits erwähnt wurde, in dem Verbrauch an Walkerde zu verzeichnen. Vielleicht hat aber gerade der größere Verbrauch an Walkerde früher zu einer erheblich schnelleren Klärung der Abwässer beigetragen.

Alles in allem ist also die Mannigfaltigkeit und die Menge der aus den Gerbereien und den Tuchfabriken den Abwässern zugeführten Abfallstoffe sehr groß. Unorganische und organische Abfälle, teils gelöste, teils ungelöste werden in reichlicher Menge gewonnen. Von den unorganischen kommen vor allem Soda und Kochsalz, von den organischen Fette, Fleischabfälle, Haare, Seifen, Gerbstoffe und Farbstoffe mannigfacher Art in Betracht. Es kann nicht wundernehmen, daß hierdurch die Abwässer stark belastet werden und daß die zum Teil hochgradige Zersetzlichkeit der organischen Stoffe dazu beiträgt, den Abwässern eine gesundheitlich unzulässige Beschaffenheit zu verleihen und allmählich das Bett der Flußläufe mit einem leicht faulenden Schlamm anzufüllen.

IV. Die durch die Verunreinigung der Kötschau und Orla hervorgerufenen Mißstände und die bisherigen Maßregeln und Vorschläge zu ihrer Beseitigung.

Die Klagen, welche über die durch die Verunreinigung der Kötschau und der Orla und damit auch der Saale hervorgerufenen Mißstände laut geworden sind, haben bereits im ersten Teile dieses Gutachtens im einzelnen ihre Wiedergabe gefunden. Die von den Berichterstattern vorgenommene Begehung der Kötschau und Orla hat das Vorhandensein dieser Mißstände, soweit sich dieselben durch Ortsbesichtigungen feststellen ließen, tatsächlich ergeben. Die ausgeführten chemischen Analysen des Wassers der beiden Vorfluter, sowie die Untersuchungen von Schlammproben (vergl. Tabelle A, B und D) haben die bei den Besichtigungen gewonnenen Eindrücke objektiv bestätigt.

Die Zustände, wie sie sich bei den drei Bereisungen der Flußgebiete durch die Kommissare ergeben haben, sind aber keineswegs als konstante, einem Wechsel nicht unterworfene anzusehen; sie können vielmehr nur als ein unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. bei mittleren Wasserständen, bei mäßiger Wärme, und ohne mechanische Einwirkungen (Stauung oder Entstauung einzelner Abschnitte), vermutlich während des größten Teiles des Jahres anzutreffender Typus angesprochen werden, der aber jederzeit eine weitgehende Änderung erfahren kann. Zunächst ist es der Wechsel

der Jahreszeiten, welcher einen mächtigen Einfluß auf die an den bedauerlichen Folgen der Verunreinigung beteiligten niederen Organismen ausüben muß. Die Wasserpilze in der Saale haben ihre Vegetationsperioden, Zeiten üppigster Entwicklung und Zeiten des Absterbens, sie werden zeitweilig überhaupt nicht zu beobachten sein. Die niedere Temperatur des Winters setzt die Tätigkeit der Lebewesen in den Schlammablagerungen herab, hohe Sommertemperatur fördert sie, die belästigenden Gerüche treten im Winter zurück, die Verpestung des ganzen Orlatales mit Fäulnisgasen wird nur im heißen Sommer beobachtet.

Nächstdem sind Schwankungen im Wasserstande in Betracht zu ziehen. Regengüsse führen größere Wassermengen zu, der Ablauf des Wassers wird beschleunigt, abgelagerter, durch die Gärung gelockerter Schlamm gerät in Bewegung und in kürzester Frist sieht eine vorher klare Strecke des Flusses getrübt aus, wie beispielsweise die Kommissare des Reichs-Gesundheitsrates am 2. September 1904 an der Saalebrücke bei Orlamünde zu beobachten Gelegenheit hatten.

Rückgang des Wasserstandes in den Flüssen ist von einer Verringerung der Geschwindigkeit begleitet, welche zur mechanischen Klärung des Wassers beiträgt; dafür aber werden an den Ufern abgelagerte Schlammengen frei gelegt, in Berührung mit Luft und am Sonnenlicht geraten sie in intensivste Fäulnis und verpesten nun die Luft in höherem Maße als bei guter Füllung der Flußbette.

Die ergiebigste Veränderung aber erfährt das vorher entworfene Bild durch die Einwirkung von Veränderungen an den Stauvorrichtungen.

Die Stauvorrichtungen in der Orla bilden, wie es auch an anderen Flüssen der Fall ist, Klärbecken, in denen die Sinkstoffe mehr oder weniger vollkommen ausgeschieden werden; dort bleiben sie als Schlammbänke um so länger, je seltener die Schützen gezogen oder Schlemmungen vorgenommen werden.

Die durch die Verunreinigung von Orla und Kötschau entstehenden Mißstände sind

1. sanitärer
2. wirtschaftlicher Art.

Die Mißstände sanitärer Art bestehen darin, daß das stark verunreinigte Wasser der Kötschau und Orla imstande ist, Vergiftungen und Infektionskrankheiten bei Menschen und Tieren hervorzurufen und ferner die menschliche Gesundheit mittelbar durch die entstandene Luftverderbnis zu schädigen. Auch in der ekelerregenden Verschmutzung der Vorflut sind sie begründet.

Die Mißstände wirtschaftlicher Natur sind dadurch gegeben, daß das Wasser der Kötschau und Orla zu häuslichen und vielen gewerblichen Zwecken sowie zum Tränken des Viehs untauglich geworden ist, und daß die bei Hochwässern auftretenden Verschlammungen der Wiesen mit gifthaltigem und faulendem Schlamm die Landwirtschaft schwer schädigen. Auch die Grundstücke an der Orla werden entwertet, weil die Gerüche im Flußtal abschreckend wirken. Schließlich ist der Fischbestand in Kötschau, Orla und Saale durch die hochgradige Verunreinigung vernichtet oder wenigstens stark gelichtet worden.

Mißstände sanitärer Art.

Der Schlamm aus Kötschau und Orla enthält Arsenverbindungen und es ist nicht ausgeschlossen, daß durch sie Vergiftungserscheinungen hervorgerufen werden können. Es mag in dieser Beziehung darauf hingewiesen werden, daß nach den Akten des Herzogl. S. Meiningenschen Staatsministeriums im Jahre 1895 bei einer in Jena vorgenommenen chemischen Untersuchung das Wasser der Orla und auch der Schlamm arsenhaltig befunden wurden. Ferner wurde in Schlammproben, welche im September 1903 aus der Orla an der Ehrlichsmühle, unterhalb Köstitz, und unterhalb Kleindembach entnommen worden waren, bei der Untersuchung durch die landwirtschaftliche Versuchsstation an der Universität Jena (chemische Abteilung) Arsen z. T. in nicht unerheblichen Mengen nachgewiesen. Wie oben mitgeteilt, wurde auch 1904 in einzelnen Schlammproben aus der Orla die Anwesenheit von Arsen und Chrom festgestellt. Wenn auch Arsen angeblich jetzt in den Gerbereien von Pößneck und Neustadt nicht mehr zur Anwendung kommt, so können doch die ausländischen, zur Einfuhr gelangenden Häute mit Arsen imprägniert sein und eine Vergiftung von Wasser und Schlamm in der Vorflut herbeiführen. Nachweisliche Fälle von Arsenvergiftungen durch Orla- oder Kötschauwasser bei Menschen und Tieren sind allerdings nicht bekannt geworden.

Was die Verunreinigung von Brunnen durch das verunreinigte Orlawasser und das dadurch bedingte Auftreten von Infektionskrankheiten anlangt, so sind Klagen über die Verunreinigung von Brunnen durch die verunreinigten Flußläufe schon seit langem vorgebracht worden und haben bei der zweiten Begutachtung im Jahre 1897 dem damaligen Kommissar Veranlassung gegeben, Brunnenwasseruntersuchungen in Kleindembach, Langenorla und Freienorla vorzunehmen. Es wurden damals fünf Brunnen ausgewählt, von denen anzunehmen war, daß sie möglicherweise von der Orla beeinflußt wurden; die Zusammensetzung ihres Wassers erwies sich durchweg als schlecht, aber ein Einfluß der Orla auf dessen Beschaffenheit war nicht zu erkennen, vielmehr ließen sich durchweg anderweite Ursachen der Verschlechterung, wie nahegelegene Abort- und Düngergruben, schlechte Beschaffenheit der Brunnenwand und der Abdeckungen nachweisen. Unter solchen Umständen glaubten die Kommissare des Reichs-Gesundheitsrates auf die Vornahme ähnlicher Untersuchungen verzichten zu sollen; sie wurden in diesem Entschlusse durch die Erwägung bestärkt, daß es bei der Länge der in Betracht zu ziehenden Flußgebiete und der großen Zahl von Ortschaften schon äußerst umständlicher Vorarbeiten bedurft hätte, um Brunnen ausfindig zu machen, welche mutmaßlich infolge ihrer Lage zu den Flüssen einer verunreinigenden Einwirwirkung der letzteren ausgesetzt, dabei aber frei von Einflüssen, wie sie sich bei den Untersuchungen im Jahre 1897 geltend gemacht hatten, zu erachten wären. Ferner war damit zu rechnen, daß, wenn sich auch geeignete Brunnen gefunden hätten, die Untersuchung möglicherweise in eine Zeit fallen konnte, während deren der erwartete Einfluß gar nicht bestand. Die Verhältnisse liegen zum großen Teile so, daß den Flüssen benachbarte Brunnen höchst wahrscheinlich zeitweise unvermischtes Grundwasser führen, wenn solches in reichlicher Menge von den Seiten her nach den als

Drainagen wirkenden Flußläufen zuströmt, und letztere nur schwach oder mäßig gefüllt sind; tritt aber Hochwasser ein oder wird auf einer einzelnen Strecke das Flußwasser künstlich angestaut, so ist die Gelegenheit zum Austritte von Wasser in das Ufergelände und damit in benachbarte Brunnen gegeben. Diese letztere Möglichkeit im voraus ins Auge zu fassen, war im vorliegenden Falle bei der Vielheit der Stauwehre geradezu undenkbar und, da nach dem eben Dargelegten die Verhältnisse derart sind, daß die Wahrscheinlichkeit eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Flußverunreinigung und zeitweiliger schlechter Beschaffenheit einzelner Brunnenwässer auch dann nicht von der Hand gewiesen werden könnte, wenn eine ein- oder selbst mehrmalige Untersuchung zu einem negativen Resultate geführt hätte, so konnte auf besondere Brunnenwasseruntersuchungen verzichtet werden.

Angesichts der Wahrnehmungen an Brunnen lag es nahe, auch Typhusvorkommnisse mit der Verschmutzung der Orla in Zusammenhang zu bringen; dies geschah in Langenorla, wo im Jahre 1893, nachdem in den vorhergegangenen 7 Jahren (1886—1892) nur 20 Typhusfälle vorgekommen waren, plötzlich ein gehäuftes Auftreten der Krankheit erfolgte. Es erkrankten in diesem Jahre 17 Personen, entsprechend 5% der Einwohnerschaft und diese Fälle beschränkten sich auf den oberen Teil des Dorfes, der der Mühle gegenüber gelegen ist. Der Müller staut für seinen Betrieb die Orla in der Regel bis zu einer Höhe an, daß ihr Wasserspiegel fast in gleicher Ebene mit der Dorfstraße liegt, und dieser Stau erstreckt sich noch über das obere Ende des Dorfes hinaus. Mit dem Wasserspiegel der Orla geht aber jener in den Brunnen auf und nieder und so konnte es als wahrscheinlich angesehen werden, daß die Verschmutzung des Flusses, welche sich ja auch sonst durch Geruchsbelästigungen übel bemerklich gemacht hatte, auch für die Typhuserkrankungen verantwortlich zu machen sei.

Prüft man diese Annahme etwas näher, so liegt vor allem klar, daß nicht die industriellen Abgänge aus Neustadt a. O. und Pößneck den Typhusausbruch veranlaßt haben können, denn weder die Gerbereiabwässer noch jene aus den Tuchfabriken werden je Typhuserreger dem Flusse zuführen; vielmehr können nur die städtischen Kanalwässer aus den beiden Städten in Betracht gezogen werden; insbesondere lenkt sich der Verdacht auf das näher gelegene Pößneck, wo nach einer Aufstellung des dortigen Magistrats häufig Typhusfälle vorkommen. Für die Periode 1883 bis einschließlich 1894 wurden 51, 49, 24, 0, 0, 0, 0, 2, 3, 15, 7, 9 Fälle verzeichnet. Könnte man nun auch geneigt sein, aus dem Umstande, daß dem erstmaligen Auftreten des Typhus in Langenorla im Jahre 1886 drei Jahre mit höherer Typhusfrequenz in Pößneck vorhergegangen waren, einen Zusammenhang zwischen dem Typhus in Pößneck und Langenorla herauszulesen, so darf doch auch nicht übersehen werden, daß am ersteren Orte 4 Jahre hintereinander (1886—1889) typhusfrei waren, und daß gleichwohl in Langenorla Typhusfälle vorgekommen sind. Auch das Verschwinden des Typhus aus Langenorla seit 1898, nach der Einrichtung einer Wasserleitung könnte zugunsten eines Einflusses der verunreinigten Orla angesehen werden, indes ließen sich zahlreiche Beispiele für eine erfolgreiche Bekämpfung des Typhus durch Zuführung von Trinkwasser in Ortschaften aufführen, in denen die immer wieder-

kehrenden Erkrankungen sicher nicht auf einen verunreinigten Fluß zurückzuführen waren. Es kann daher auch diese Tatsache nicht als beweisend anerkannt werden, und da die gehäuften Fälle von Typhus in Langenorla im Jahre 1893 zum mindesten ebenso sicher auf dem Wege der Kontaktinfektion zustande gekommen sein können, so hat das Urteil über die in Rede stehende Frage dahin zu lauten, daß ein Zusammenhang zwischen der Verunreinigung der Orla und den Typhusvorkommnissen in Langenorla jedenfalls nicht erwiesen ist. Die Möglichkeit eines derartigen Zusammenhanges aber soll rücksichtlich der großen Schwierigkeiten, die einer näheren Prüfung einer vor 14 Jahren beobachteten epidemiologischen Tatsache im Wege stehen, nicht ganz in Abrede gestellt werden.

Es ist noch schließlich auf anderweite Folgen des Eindringens von verunreinigtem Kötschau- und Orlawasser in benachbarte Brunnen einzugehen, die nicht mit der Einschwemmung von krankmachenden Bakterien einhergehen, sondern sich als physikalische oder chemische Veränderungen des Brunnenwassers ohne direkt gesundheitsschädlichen Charakter erweisen. Entsprechend den Durchlässigkeitsverhältnissen wird das in den Untergrund eindringende verunreinigte Flußwasser in der Regel eine Reinigung erfahren, indem die ungelösten Stoffe in den Hohlräumen des Erdbodens zurückgehalten werden; die eingetretene Verdrängung des Grundwassers durch Flußwasser oder die Vermischung beider in den betroffenen Brunnen dürfte sich demnach der direkten Wahrnehmung entziehen, sofern nicht etwa die gleichzeitig erfolgte Vermengung mit gelösten Stoffen sich durch Geruch oder Geschmack des Wassers bemerklich macht. Man wird daher kaum fehl gehen, wenn man annimmt, daß Brunnenverunreinigungen durch die Orla und Kötschau viel häufiger vorgekommen sind, als die Bewohner der beiden Flußtäler angenommen haben; zudem läßt ja wohl auch die Anspruchslosigkeit weitester Kreise in bezug auf die Reinheit des Wassers so manche selbst sinnfällige Veränderungen in der Beschaffenheit übersehen oder aber auf anderweite Einflüsse schließen. Daß tatsächlich Brunnen vorhanden sind, die dem Einfluß der verunreinigten Orla in einem Maße ausgesetzt sind, daß sich ihr Wasser beim Ansteigen des Wasserstandes im Flusse trübt, ist gelegentlich der Typhusvorkommnisse in Langenorla festgestellt worden. Ungleich zahlreicher aber dürften Brunnen sein, bei denen ohne ein derartiges Warnungssignal ein Eindringen von Orlawasser möglich war, oder vielleicht noch ist, in diesen Fällen kommen nur die im Orlawasser gelösten Bestandteile zur Geltung, unter ihnen obenan die gelösten organischen Substanzen.

Ihrer Beimengung dürfte an sich noch nicht eine besondere Bedeutung beizumessen sein, da Arsen, wie gesagt, heutzutage nicht mehr in dem Umfang zur Verwendung gelangt, wie vor Jahren; es ist auch aus neuerer Zeit keine Beobachtung bekannt geworden, daß ein der Orla benachbarter Brunnen arsenhaltiges Wasser geliefert hätte; aber zweifellos gewährt ein hoher Gehalt an organischen Stoffen den Bakterien günstige Ernährungsverhältnisse und da bei der meist sehr primitiven Bauart der Brunnen in jenem Gebiete das Eindringen von Bakterien aller Art, auch krankmachender, nicht ausgeschlossen ist, so kann die vom Flusse bedingte Verunreinigung des Wassers auch im Falle bester Filterwirkung des Untergrundes dazu

beitragen, die von anderer Seite ausgehenden Gefahren für die menschliche Gesundheit nur zu vergrößern.

Zahlreicher als die Klagen über Entstehung von Typhuserkrankungen sind die Beschwerden darüber, daß das durch Gerbereiabwässer verunreinigte Kötschau- und Orlawasser unmittelbar und mittelbar Milzbrandinfektion bei Tieren hervorrufe, sei es, daß die Tiere mit dem Wasser getränkt, oder mit Heu von den durch die Orla überschwemmt gewesenen Wiesen gefüttert wurden. Nach den vonseite des Großherzoglich Sächsischen Direktors des V. Verwaltungsbezirks in Neustadt a. O. und vom Herzoglichen Landesamt zu Roda erbetenen Nachweisen sind in den Orlaortschaften während der Jahre 1893 bis 1903 folgende Milzbrandfälle zur Anzeige gelangt, bezw. entschädigt worden:

	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	Sa.
Neunhofen	1	—	—	—	2	—	1	1	—	1	—	6
Kolba	—	—	1	—	—	1	—	—	1	2	3	8
Oppurg	—	—	1	1	—	1	—	2	1	—	2	8
Rehmen	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—	3
Köstitz	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	2
Schweinitz	—	—	—	—	—	3	—	1	—	—	—	4
Kleindembach	—	—	1	—	—	—	—	1	—	4	—	6
Langenorla	—	1	1	—	—	—	—	—	1	—	1	4
Freienorla	—	—	—	1	—	—	—	—	2	1	—	4
Summe	1	1	4	3	2	6	1	6	5	10	6	45

In vorstehender Tabelle sind die Gemeinden nicht nach ihrer Zugehörigkeit zu einem der beiden Bundesstaaten — Großherzogtum Sachsen-Weimar und Herzogtum Sachsen-Altenburg —, sondern nach ihrer Lage an der Orla geordnet; Neunhofen ist die erste auf Neustadt a. O. folgende Gemeinde. Es sind somit in dem elfjährigen Zeitraum 1893 bis 1903 alljährlich Milzbrandfälle vorgekommen, im ganzen 45; indes erweisen sich die Zahlen der Tabelle so niedrig, daß wohl größte Vorsicht in ihrer Beurteilung angezeigt erscheint.

Zunächst muß noch angeführt werden, daß die weitere Umgebung des Orlagebietes keineswegs frei von Milzbrand ist. Die amtlichen Mitteilungen aus dem Großherzogtum Sachsen enthalten auch Angaben über die Zahl der in diesem Bundesstaate überhaupt vorgekommenen Milzbrandfälle und stellt sich darnach das Verhältnis der Milzbrandfälle im ganzen Staatsgebiete zu den in den zugehörigen Orlaortschaften angemeldeten wie folgt.

	Großherzogtum	Orlagemeinden		Großherzogtum	Orlagemeinden
1893	34 Fälle	1 Fall	1899	12 Fälle	1 Fall
1894	17 „	—	1900	19 „	5 Fälle
1895	30 „	3 Fälle	1901	8 „	2 „
1896	28 „	2 „	1902	23 „	9 „
1897	30 „	2 „	1903	15 „	5 „
1898	27 „	3 „			

Es geht daher keinesfalls an, die im Orlagebiete beobachteten Milzbrandfälle ohne weiteres auf die Verunreinigung der Orla zurückzuführen. Ein solcher Zusammenhang würde sich aber gleichwohl ableiten lassen, wenn etwa die Gruppierung der Milzbrandfälle eine derartige wäre, wie sie beispielsweise bei der Verunreinigung der Schmeie durch die Gerbereien in Ebingen als beweisend anerkannt worden ist. War dort die Zahl der Milzbrandfälle von 3 in Truchtelfingen auf 37 in Ebingen und 62 in dem unterhalb gelegenen Straßberg angestiegen, um in den folgenden Ortschaften auf 13, 9, 3, 11, 4 zurückzugehen, so läßt die vorstehende Zusammenstellung eine derartige Gruppierung nicht erkennen. In Neustadt selbst ist in der elfjährigen Periode überhaupt nur ein Fall gemeldet worden (1901); und wenn auch die nächstfolgenden Ortschaften Neunhofen, Kolba und Oppurg mit 6, 8, 8 Fällen schwerer belastet erscheinen als alle anderen unterhalb gelegenen Gemeinden, so kann diese Tatsache doch keinesfalls als zwingender Beweis für einen ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten des Milzbrandes und der Einwirkung der Gerbereien in Neustadt a. O. auf die Orla angesehen werden, denn erstlich sind die absoluten Zahlen zu niedrig, die Unterschiede zu gering, um zu einem solchen Schlusse zu berechtigen, und zweitens dürfte man, selbst wenn die kleine Mehrheit von Fällen in Neunhofen, Kolba und Oppurg als Beleg für den Einfluß der Orla angesehen werden könnte, erwarten, daß der Einfluß der Gerbereien in Pößneck wohl in gleichem Maße hervorträte, wie der der Neustädter Gerbereien, zumal da die Abgänge aus Pößneck bis zu den Ortschaften Köstitz, Schweinitz, Kleindembach einen viel kürzeren Weg zurückzulegen haben, als jene aus Neustadt a. O. Von einer Steigerung der Milzbrandfälle unterhalb der Einmündung der Kötschau in die Orla hat sich jedoch nichts gezeigt und muß es daher auch aus den vorstehend angegebenen Gründen als unzulässig angesehen werden, die Milzbrandvorkommnisse in den Orlaortschaften in ihrer Gesamtheit auf die Einleitung von milzbrandhaltigen Gerbereiabwässern zu beziehen.

Nur ein Verhältnis ließ sich auffinden, welches zugunsten einer solchen Annahme zu sprechen scheint; berechnet man nämlich die Häufigkeit der Milzbrandfälle in Prozenten des Viehbestandes, so ergibt sich ein wesentlicher Unterschied zwischen den Orlaorten und dem ganzen Staatsgebiete des Großherzogtums Sachsen-Weimar.

Als Anhalte für eine solche Berechnung liegen vor: ein Bericht des Großherzoglich Sächsischen Bezirkstierarztes zu Neustadt a. O., nach welchem der Bestand an Rindern — um solche handelt es sich im vorliegenden Falle fast ausschließlich — in den zu seinem Verwaltungsbezirk gehörigen Orlaortschaften wie folgt beziffert wird.

Im Jahre 1892 betrug die Zahl der Rinder

in Neunhofen	193
in Kolba	213
in Oppurg	255
in Rehmen	142
in Köstitz	97
in Kleindembach	101
Zusammen	1 001 Stücke,

im Großherzogtum Sachsen-Weimar 119720 Stücke. Um nicht mit zu kleinen Zahlen rechnen zu müssen, soll die Gesamtzahl der Milzbrandfälle innerhalb der elfjährigen Periode 1893 bis 1903 herangezogen werden, hierzu bedarf es noch einer Umrechnung der Viehbestandszahlen, und zwar sei noch das Ergebnis der Viehzählung im Jahre 1900 hierzu verwendet. Diese hatte für das ganze Land einen Bestand von 133836 Rindern ergeben. Man wird also einen mittleren Bestand von 126778 oder rund 127000 Rindern zugrunde legen können.

Für die Orlaorte liegt das Ergebnis der Viehzählung im Jahre 1900 nicht vor; man wird aber kaum einen Fehler begehen, wenn man annimmt, daß auch dort die Zahl der Rinder in gleichem Maße wie im ganzen Lande, d. h. von 1001 im Jahre 1892 auf 1119 im Jahre 1900 zugenommen haben dürfte; in gleicher Weise, wie für das ganze Land stellt sich alsdann der mittlere Viehbestand der Orlaortschaften auf 1060 Rinder. Nunmehr berechnet sich die Häufigkeit des Milzbrandes wie folgt:

In den Orlaorten entfielen auf 1060 Rinder 33 Milzbrandfälle oder auf 1000 Rinder 31 Fälle, im ganzen Lande auf 127000 Rinder 243 Fälle, d. i. auf 1000 Rinder 2 Fälle.

Somit erscheinen die Orlaorte 16 Mal stärker belastet als das ganze Staatsgebiet.

Zweifellos ist diese höhere Belastung der Orladörfer wohl geeignet, den Verdacht, daß die Milzbrandvorkommnisse dem Flusse bezw. den Verunreinigungen desselben zuzuschreiben seien, zu bekräftigen, allein als zwingenden Beweis wird man auch sie nicht anerkennen, selbst wenn man den gefundenen Unterschied mit jenem vergleicht, der für die Schmeiedörfer und das Gebiet Hohenzollern festgestellt worden ist; dort waren in den Schmeiedörfern auf 1599 Rinder 103 Milzbrandfälle, oder auf 1000 Rinder 64 Fälle, sonst in Hohenzollern auf 45876 Rinder 138 Milzbrandfälle, d. i. auf 1000 Rinder 3 Fälle berechnet worden, was eine Mehrbelastung der Schmeiedörfer um das 21fache bedeutet. In diesem Falle hatte die schon erwähnte ungleichmäßige Verteilung der Milzbrandfälle die Beweiskraft der höheren Belastung ganz bedeutend erhöht, bei den Orladörfern dagegen war insbesondere der Mangel jeglichen Einflusses der Gerbereien in Pößneck auf die unterhalb gelegenen Orlaorte als Widerspruch gegen die Beweiskraft der statistischen Nachweise hervorgetreten. Man wird überdies bei einem Landgebiete von der Größe und Oberflächengestaltung des Großherzogtums Sachsen-Weimar keinesfalls auf eine ganz gleichmäßige Verteilung der Milzbrandfälle über das ganze Gebiet rechnen können und erwarten dürfen, daß auch ohne Mitwirkung von Gerbereiabwässern in Überschwemmungsgebieten die Krankheit häufiger auftreten wird, als auf den zahlreichen Höhen der thüringischen Lande.

Das Gesagte zusammenfassend hat sich der Reichs-Gesundheitsrat zu der Frage nach der Verbreitung des Milzbrandes im Orlatale dahin auszusprechen, daß, wenn auch nicht mit aller Sicherheit ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Verunreinigung der Orla und den gemeldeten Erkrankungen sich erkennen läßt, so doch die große Wahrscheinlichkeit vorliegt, daß ein Teil der Milzbrandfälle durch die Verunreinigung der Orla mit Abgängen aus den Gerbereien in Neustadt a. O. und vielleicht auch in Pößneck bedingt worden ist. Die zahlreichen Beispiele aus anderen Flußgebieten, in denen mit großer Sicherheit der Zusammenhang zwischen Gerberei-

abwässern und häufigen Milzbrandfällen dargetan worden ist, machen es schwer, einen solchen nicht auch für das Orlagebiet für möglich zu erachten, selbst gegenüber dem kleinen, hier vorliegenden statistischen Material.

Es ist bei dieser Gelegenheit noch mit wenigen Worten auf die in die vorliegende Sache verflochtene Frage, ob etwa dẽr am Kommunikationswege zwischen Langenorla und Pößneck gelegene Begräbnisplatz für Milzbrandkadaver der Gemeinde Langenorla dazu beigetragen habe, die Krankheit im Orlagebiete zu verbreiten, einzugehen und zunächst auf die Tabelle über die Todesfälle an Milzbrand während der Jahre 1893 bis 1903 zu verweisen, aus der sich ein Anhaltspunkt für jene Annahme keinesfalls ableiten läßt. Sodann aber hat der Augenschein ergeben, daß die Lage des gedachten Platzes jedenfalls eine höchst ungünstige genannt werden muß, da er unmittelbar an den genannten Kommunikationsweg angrenzt. Haben die in den Akten verzeichneten Unzuträglichkeiten, wie ungenügende Überdeckung der verscharrten Kadaver, langes Liegenlassen der Kadaver vor dem Verscharren, unzulänglicher Abschluß des Zuganges und dergleichen tatsächlich bestanden, so kann die Annahme, daß Milzbrandkeime von dort aus verschleppt worden seien, nicht von der Hand gewiesen werden. Ein Nachweis dafür aber, daß dadurch auch nur ein einziges Stück Rind oder ein anderes Tier mit Milzbrand infiziert worden sei, ist weder versucht worden, noch läßt er sich nachträglich erbringen. Auf keinen Fall läßt sich die ganz ungenügende Beschaffenheit jenes Platzes und die Möglichkeit, daß von ihr eine oder die andere Infektion mit Milzbrand ausgegangen sein könnte, zu einer Entlastung der gewerblichen Anlagen in Neustadt a. O. und Pößneck heranziehen.

Was die Entwicklung übelriechender Fäulnisgase aus den Schlammablagerungen und die Belästigungen durch solche anlangt, so haben die Kommissare zwar bei ihren drei Reisen in das Orlagebiet nicht Gelegenheit gehabt, sich durch eigene Wahrnehmungen davon zu überzeugen, daß zeitweilig das ganze Orlatal mit üblem Geruche erfüllt sei, wie in den Beschwerdeschriften angegeben wird, wohl aber mußten sie zu der Überzeugung gelangen, daß die Angaben hierüber nicht als reine Erfindungen zurückgewiesen werden dürfen. Die bereits geschilderten Vorgänge an dem Wehre der Porzellanfabrik in Freienorla beim Ziehen der Schützen mußten den Eindruck erwecken, daß, wenn etwa durch ein Hochwasser auf der ganzen Länge des Flusses die Schlammablagerungen aufgewühlt und abgeschwemmt werden, oder die Beseitigung des Staus an mehreren Mühlwehren gleichzeitig vorgenommen wird, die Masse der dadurch freiwerdenden Fäulnisgase eine so bedeutende werden kann, daß tatsächlich das Orlatal damit erfüllt wird. Auch bei anhaltend trockner Witterung, stetigem Rückgang der Wassermenge in den Wasserläufen, hoher Temperatur und Windstille ist sehr wohl eine Geruchsentwicklung aus dem freigelegten Schlamme denkbar, die nicht nur die zunächst gelegenen Grundstücke betreffen, sondern sich auf weite Entfernungen hin bemerkbar machen und belästigend wirken muß. Die diesbezüglichen Klagen können als vollkommen glaubhaft und deshalb auch als berechtigt anerkannt werden.

Wenn nun auch den Kommissaren des Reichs-Gesundheitsrates erspart geblieben ist, den höchsten Grad von Luftverunreinigung durch die Orla und Kötschau persön-

lich festzustellen und auf sich einwirken zu lassen, so kamen sie doch häufig genug in die Lage, sich von der Entwicklung enormer Mengen von übelriechenden Gasen aus den verunreinigten Flußläufen zu überzeugen.

Am schlimmsten lagen die Verhältnisse, d. h. am intensivsten trat die Gasentwicklung naturgemäß dort auf, wo sich massenhaft Schlamm abgelagert hatte, in den Wehrteichen; daß am Wehre bei der Porzellanfabrik in Freienorla und bei der Mühle in Kleindembach auch für Personen, die an üble Gerüche gewöhnt sind, der Gestank kaum erträglich war, ist bereits erwähnt worden; es war auch bei solchen Gelegenheiten jeweilig festzustellen, daß der üble Geruch sich entsprechend der Windrichtung auf weite Entfernungen hin — hunderte von Metern — verbreitete. Da jedoch die Mühlen mit ihren Stauvorrichtungen meist außerhalb der Ortschaften oder in wenig bevölkerten Gemeinden liegen, so sind gerade diese allerschlimmsten Fälle von Luftverderbnis, da sie jeweilig nur eine kleine Anzahl von Anwohnern betreffen und überdies nur zeitweilig unter besonderen Verhältnissen auftreten, nicht von so hoher Bedeutung wie die Verpestung der Luft an den Quellen der Verunreinigung von Orla und Kötschau innerhalb der beiden Städte Neustadt a. O. und Pößneck mit ihrer ungleich dichter wohnenden Bevölkerung. Hier sind es vorzugsweise die zahlreichen Gerbereien, welche übelriechende Stoffe dem Flusse übergeben, indem ihre Besitzer die Häute in aufgestauten Abschnitten der Orla und der Kötschau einweichen, die aus den Äschern herausgenommenen Felle im Flusse waschen, auch wertlos gewordene Gerbflüssigkeiten dorthin ablaufen lassen. In der Tat kann die Gerbergasse in Neustadt a. O., wo in jedem Hause zu beiden Seiten der Orla die Gerberei betrieben wird, als ein klassisches Beispiel schlimmster Art von Flußverunreinigung angesehen werden, dem übrigens die von Gerbereien besetzte Strecke an der Kötschau in Pößneck nicht erheblich nachsteht.

An diesen rings umbauten und dicht bewohnten Abschnitten der beiden Bäche waren bei den beiden Bereisungen im Jahre 1904 stets höchst widerliche Gerüche zu beobachten, die aber nach Mitteilung vollkommen glaubwürdiger Bewohner jener Städte in Fällen schlimmster Art, z. B. im Hochsommer und bei andauernd geringem Wasserstand, noch wesentlich stärker und lästiger auftreten sollen. Sie verbreiten sich alsdann auch in das Innere der Stadt und dringen entsprechend der Windrichtung und Windgeschwindigkeit in die Häuser der Parallelstraßen, wo sich die Bewohner gezwungen sehen, die Fenster zu verschließen und auf Lufterneuerung zu verzichten.

Bemerkenswert ist die den Kommissaren gemachte Mitteilung, daß selbst Pferde den Geruch in der Gerbergasse in Neustadt a. O. nicht ertragen und mitunter scheuen, wenn sie die Rodaer Brücke zu passieren haben.

Der sich aus den Gerbereiabgängen entwickelnde Geruch ist als Fäulnisgeruch zu bezeichnen, er ruft wohl bei den meisten Menschen Unbehagen, in stärkerer Konzentration auch Übelkeit und selbst Brechreiz hervor und es ist sehr wohl denkbar, daß Personen, die, wie z. B. die Müller, den ganzen Tag über gezwungen sind, die übelriechende Luft einzuatmen, die Eßlust einbüßen und schließlich an Verdauungsstörungen erkranken können. Dieser Standpunkt wird ja auch von einer ganzen Reihe von Gutachtern geteilt, wie die große Anzahl von gerichtlichen Entscheidungen er-

kennen läßt, in welchen auf Grund solcher Gutachten die Hervorrufung übler Gerüche als gesundheitsschädlich verboten wird. Zugleich wird das ästhetische Empfinden, der Sinn für Ordnung und Reinlichkeit durch die üblen, äußerst belästigenden Ausdünstungen nicht weniger als durch den ekelerregenden Anblick des weit über das zulässige Maß verschmutzten Wassers der Vorfluter gröblich beleidigt.

Mißstände wirtschaftlicher Art.

Die Schäden wirtschaftlicher Natur liegen auf der Hand. Wenn man auch nicht von dem Oberflächenwasser einen solchen Reinheitsgrad wird verlangen können, daß es ohne weiteres zu Trinkzwecken benutzbar ist, so sollte im allgemeinen die Reinheit des Wassers von Seen, Flüssen und Bächen doch wenigstens soweit gewahrt bleiben, daß es zu gewissen häuslichen Verrichtungen (Waschen und Spülen), zum Tränken des Viehs und zu bestimmten gewerblichen Zwecken dienen kann. Auch auf fischereiliche Interessen wird Rücksicht zu nehmen sein, ebenso wie der Entwertung des Grundbesitzes infolge von Geruchsbelästigungen vom Vorfluter her durch entsprechende Maßnahmen gesteuert werden muß. Inwieweit solche Forderungen im vorliegenden Fall berechtigt sind, soll später noch besprochen werden.

Ein auch nur leidlicher Zustand der Vorflut ist nun zweifellos bei der Kötschau und Orla nicht vorhanden. Das Wasser der Orla und Kötschau muß als durchaus unbrauchbar zu häuslichen und wirtschaftlichen Zwecken bezeichnet werden; und zwar gilt dieses für die ganze Länge der Orla vom Eintritte in die Stadt Neustadt a. O. bis zu ihrer Mündung in die Saale, desgleichen von der Eintrittsstelle der Kötschau in die Stadt Pößneck bis nach Köstitz, wo die Vereinigung mit der Orla erfolgt.

An keinem Punkte der gedachten Flußabschnitte könnte die Verwendung des Wassers als Trinkwasser gut geheißen werden, und wenn sich auch bei den Bereisungen der beiden Flüsse einzelne Strecken gefunden haben, auf denen das Wasser klar aussah, z. B. zwischen Oppurg und Rehmen, so muß doch auch im Hinblick auf die zuletzt beschriebenen Ereignisse angenommen werden, daß, wenn auch nur zeitweilig, auch in diesen Abschnitten ein nicht nur zum Genusse, sondern auch für die Zwecke der Reinigung des Körpers, der Kleidung, der Wohnung und der Einrichtungsgegenstände ungeeignetes Wasser abfließt. An diesem Urteile kann auch die Wahrnehmung, daß vereinzelt Leute getroffen wurden, die aus der Orla Wasser holten, nichts ändern, denn die Begriffe von der Reinheit und Verwendbarkeit eines Wassers sind leider noch immer in weiten Kreisen recht wenig entwickelt und die Ansprüche an Reinlichkeit meist nur sehr gering. Daß an den stärkst verunreinigten Strecken der Orla und Kötschau, in und unterhalb der beiden Städte Neustadt a. O. und Pößneck, desgleichen an den Wehren im Unterlaufe der Orla jegliche Benützung des verunreinigten Wassers ausgeschlossen ist, wird jedermann zugeben müssen, der nur einmal den Zustand, in dem sich diese Strecken seit Jahrzehnten befinden, gesehen hat; war doch schon vor 19 Jahren ausgesprochen worden, daß die sich durch die Stadt Pößneck wälzende Flüssigkeit kaum mehr als Wasser in gewöhnlichem Sinne des Wortes angesehen werden könne, und diese Kennzeichnung des damaligen Zu-

standes, die auch von dem zweiten Gutachter des Kaiserlichen Gesundheitsamtes 9 Jahre später vollauf bestätigt wurde, trifft auch gegenwärtig noch allenthalben zu. Die Unbrauchbarkeit wird ebensowohl durch die Trübung, als auch durch die Färbung und den üblen Geruch des Wassers bedingt.

Von Neustadt bis Kolba und weiter, von Pößneck bis zur Saalemündung sind berechtigte Klagen von den verschiedensten Seiten laut geworden.

Diesen Klagen haben sich denn auch die Großherzogl. Sächsische Regierung zu Weimar und die Herzoglich Sächsische Regierung in Meiningen nicht entzogen, vielmehr haben sie versucht, Abhilfe zu schaffen.

Bei der Wichtigkeit, welche die historische Entwicklung der Angelegenheit für die Beurteilung und das Verständnis der ganzen Frage hat, muß notwendigerweise hier näher auf den Verlauf der Verhandlungen seit Erstattung des letzten Gutachtens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes eingegangen werden.

Das Gutachten, welches das Kaiserliche Gesundheitsamt im Jahre 1898 hinsichtlich der Verunreinigung der Kötschau und der Orla abgegeben hatte, berücksichtigte nur die Flußstrecken von oberhalb Pößneck bis zur Mündung in die Saale, während die sonst auf weimarischem Gebiet liegende Strecke der Orla, von Triptis bis Köstitz, außerhalb des Bereiches des Gutachtens blieb. Das Gutachten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes befürwortete die Erbauung einer gemeinsamen Kläranlage unterhalb des Ortes Pößneck nach dem Vorschlage des Herzogl. Meiningischen Baurats Eichhorn, in welche die Fabrikabwässer in geschlossenem Rohrkanal geführt werden sollten. Angeschlossen sollten werden vor allem die Tuchfabriken, aber auch die Gerbereien. Da in den Fabrikabfallstoffen (Soda, Seife, Walkerdeschlamm) bereits Mittel vorlägen, welche die Anwendung eines weiteren chemischen Klärmittels entbehrlich machen würden, so würde, zumal der Walkerdeschlamm auch die Fähigkeit habe, gelöste organische Substanzen zum Teil mit auszuscheiden, eine mechanische Klärung der Abwässer voraussichtlich genügen, um die hauptsächlichen Mißstände zu beseitigen, wenn es auch bezweifelt werden müsse, daß dadurch das Kötschau- und Orlawasser zu wirtschaftlichen Zwecken (Waschen, Bleichen) wieder geeignet werden würde.

Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Kötschau und Orla durch die Abwässer der Stadt Pößneck.

In Verfolg dieses Gutachtens ersuchten die Herzoglich Sächsische Regierung in Altenburg und die Großherzogl. Sächsische Regierung in Weimar die Herzoglich Sachsen-Meiningische Regierung, dahin zu wirken, daß die in dem Gutachten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes auch neuerdings wieder konstatierten erheblichen Mißstände beseitigt würden.

Die Herzoglich Meiningische Regierung glaubte jedoch zunächst von einer Anordnung allgemeiner Maßregeln zur Reinigung der gewerblichen Abwässer von Pößneck absehen zu sollen, da zunächst eine Reihe vorbereitender Vorkehrungen (u. a. Herstellung von Wasserleitung und Kanalisation für die Stadt Pößneck) getroffen werden müßten, und man sich durch sachverständige Prüfung der neuesten Kläranlagen die

Überzeugung verschaffen wolle, daß und wie die mechanische Reinigung der Fabrikabwässer von Pößneck mit gutem Erfolg unternommen werden könne.

Die zentrale Wasserversorgung für Pößneck wurde im Jahre 1896 fertiggestellt. Die Wasserleitung führt Quell- bezw. Grundwasser aus einer Entfernung von 7 km der Stadt zu. Es bestehen zurzeit (1907) 1033 Anschlüsse. Anschlußzwang ist nicht vorhanden. Die nicht angeschlossenen Grundstücke sind lediglich auf die zehn öffentlichen, laufenden Brunnen angewiesen. Mit Ausnahme der Fabriken von Rothe und Gebhardt (Lederfabriken) benutzen alle Gewerbebetriebe Leitungswasser zu industriellen Zwecken, größtenteils indessen nur aushilfsweise. Daneben entnimmt die Industrie aus Tiefbrunnen und Bächen täglich etwa noch 5640 cbm; die aus den Bächen entnommene Wassermenge soll täglich 2180 cbm betragen.

Die Tiefkanalisation der Stadt Pößneck wurde im Jahre 1901 beendigt, nachdem bereits unter dem 3. November 1898 ein Ortsgesetz, betr. die Entwässerung der Grundstücke, im Anschluß an die neue Kanalisation der Stadt Pößneck erlassen worden war.

Dieses Gesetz schrieb den Anschluß der bebauten Grundstücke in allen Straßen, welche mit öffentlichen unterirdischen Entwässerungsanlagen versehen werden, behufs Abführung der Niederschlagswässer und der hauswirtschaftlichen Abwässer an den nächsten Straßenkanal vor. Ausgeschlossen bleiben von der Aufnahme in die Kanalisation alle Fäkalien und festen Stoffe, ferner die gewerblichen Abwässer aus Fabriken, Gerbereien und Färbereien. Brauereien dürfen angeschlossen werden, dagegen Schlächtereien nur nach vorheriger Genehmigung des Magistrats und nach Vorschrift desselben bis auf Widerruf. Ausnahmsweise kann auch der Magistrat widerruflich gestatten, daß Pissoirs mit genügender Wasserspülung an die Kanalisation angeschlossen werden.

Das Regenwasser der Abfallrohre in den Höfen, der Hof- und Gartenflächen, ferner das Haus- und Wirtschaftswasser ist durch das Hausableitungsrohr in den Straßenkanal einzuführen.

Jede Ausgußvorrichtung ist mit einem unbeweglichen Rost oder Sieb, die Spülwasserabläufe größerer Küchen und dergleichen außerdem mit einem Fett- und Sandfang zu versehen. Die Ableitung des Regenwassers von Hof- und Gartenflächen ist nur mittelst Schlammfängen zulässig.

Die Neukanalisation mündet rund 400 m oberhalb der Landesgrenze gegen Weimar und oberhalb der Flurgrenze gegen Köstitz in den Fehlbach. Der teilweise noch alte Tonrohrkanal der Orlamünder Straße mündet noch in den überbrückten Fehlbach zwischen den Fabriken von Siegel & Schütze und Zöth & Söhne. Der Anschluß an das Kanalnetz kann erst beim Bau einer noch ausstehenden Straßenstrecke (Ziegelgäßchen) erfolgen. Außerdem sind noch einige Regenauslässe vorhanden, die bei 5-facher Verdünnung des Trockenwetterablaufs in Tätigkeit treten.

Vor den Kanalmündungen finden sich Sandfänge.

Hinsichtlich der Beseitigung und Reinigung der Pößnecker Industrieabwässer wurden weitere Schritte einstweilen nicht unternommen.

Unter dem 14. November 1899 fragte daher die Herzogliche Regierung von

Sachsen-Altenburg an, ob inzwischen Maßnahmen zur Reinigung der Abwässer aus den Fabriken und sonstigen gewerblichen Anlagen von Pößneck und Jüdewein getroffen worden wären.

Die Herzoglich Sächsische Regierung zu Meiningen entgegnete darauf, daß die Beantwortung der Frage, welche Maßnahmen zu treffen seien, abgesehen von der verwaltungsrechtlichen Seite, so namhafte technische Schwierigkeiten böte, daß vor Ablauf von zwei Jahren an die Ausführung entsprechender Maßnahmen nicht gegangen werden könne. In ihrem Auftrage veranstaltete der Herzogliche Baurat Eichhorn zunächst eine Umfrage bei 35 Fabrikinspektionen Deutschlands wegen etwa vorhandener Kläranlagen, welche als Muster für die Pößnecker Verhältnisse dienen könnten, und besuchte im Jahre 1900 die Kläranlagen in Mühlhausen, Kassel, Wiesbaden, Frankfurt a. M., Kaiserslautern und Essen. In seinem Bericht wies Baurat Eichhorn schon darauf hin, daß alle die genannten Städte besondere Schwierigkeiten mit der Unterbringung und Verwertung der Rückstände aus den Kläranlagen hätten. Dieselbe Schwierigkeit würde sich auch für Pößneck ergeben. Er lenkte daher die Aufmerksamkeit der Regierung auf das damals neu in Aufnahme gekommene Degenersche Kohlebreiverfahren, welches Aussicht böte, diese Rückstände nutzbringend zu verwerten.

Um geeignete Maßregeln zur Abstellung der vorhandenen Mißstände treffen zu können, veranstaltete die Herzogliche Regierung in Meiningen im Jahre 1901 Studienreisen zur Besichtigung von Kläranlagen.

Eine Kommission, bestehend aus dem Oberbaurat Fritze, dem Baurat Eichhorn und dem Regierungs- und Medizinalrat Dr. Leubuscher, dem Stadtbaumeister von Pößneck Schönfelder und den Pößnecker Fabrikbesitzern Thalmann, Siegel und Diesel, besichtigte die Kläranlagen der Städte Kassel, Mühlhausen, Leipzig, Potsdam und Berlin (Lichtenberg)[1]. Nach dem Bericht des Oberbaurat Fritze läßt sich keine der vorstehend genannten Anlagen unmittelbar auf die Pößnecker Verhältnisse übertragen. Das Kohlebreiverfahren (Potsdam) sei zu teuer, eine mechanische Klärung nach dem Muster von Mühlhausen würde zuviel Raum beanspruchen und höchstens auf altenburgischem Gebiet (Schweinitz) möglich sein.

Wenn diese oder andere Systeme nicht durchführbar seien, müsse man zu einer Klärung der gewerblichen Abwässer innerhalb der Fabrikgrundstücke übergehen. Solche Anlagen müßten allerdings unter baupolizeilicher Überwachung errichtet und gehalten werden. Der Berichterstatter bezeichnet aber selbst dieses Auskunftsmittel noch als mangelhaft. Regierungs- und Medizinalrat Dr. Leubuscher befürwortet in seinem Bericht in erster Linie das Kohlebreiverfahren, allerdings nicht ohne auf die hohen Kosten zu verweisen. In einer Denkschrift, welche die beteiligten Pößnecker Industriellen ausgearbeitet haben, wird die mangelhafte Methode der Schlammbeseitigung (Klärbeckenrückstände) als ein Hinderungsgrund für das ganze Unternehmen hingestellt. Solche Kläranlagen mit den erzeugten Schlammprodukten bildeten eine weitaus unangenehmere Nachbarschaft als wie sie heute die Kötschau und zum Teil

[1]) Eine biologische Kläranlage wurde nicht besichtigt.

die Orla darstellten. Experimente zur Lösung der Schlammfrage möge man reicheren Städten überlassen. Diese Frage befinde sich noch in den Anfangsgründen, und vor ihrer Erledigung hielten sie die Anlage einer Kläranlage in Pößneck nicht für eine Verbesserung. — Um auch darüber ins klare zu kommen, ob etwa eine Reinigung der Pößnecker Abwässer mittelst des biologischen Verfahrens Aussicht auf Erfolg verspräche, richtete die Herzogliche Regierung in Meiningen unter dem 18. Februar 1902 eine entsprechende Anfrage an das Kaiserliche Gesundheitsamt, gelegentlich welcher zugleich mitgeteilt wurde, daß die Verwendung der Walkerde bei der Wollwarenfabrikation erheblich abgenommen habe, ja daß die Walkerde bei diesem Fabrikationszweige ganz entbehrt werden könne.

In der Antwort des Kaiserlichen Gesundheitsamtes wurde der Effekt einer biologischen Reinigung auf die Pößnecker Fabrikabwässer als zweifelhaft bezeichnet. Die Entscheidung darüber könne indessen nur durch den Bau und Betrieb einer entsprechenden Versuchsanlage gegeben werden. Mehr Aussicht auf Erfolg biete das Rothe-Degenersche (Kohlebrei-) Verfahren. Die Frage, welches der beiden Verfahren durch Anlage und Betrieb höhere Kosten erfordere, liege auf spezialtechnischem Gebiete.

Auf eine abermalige Anfrage der Herzoglich Sachsen-Altenburger Regierung vom 3. Juni 1902 erklärte die Herzogliche Regierung zu Meiningen, daß die Anlage einer gemeinsamen Kläranlage für die gewerblichen Abwässer der Stadt Pößneck wegen Raummangel auf meiningischem Gebiet nicht ausführbar sei, da die Landesgrenze mit der Flurgrenze zusammenfalle. Sie müsse sich daher, zu ihrem eigenen Bedauern, zur Hintanhaltung der übermäßigen Verunreinigung der Wasserläufe in Pößneck darauf beschränken, soweit dies ausführbar sei, die hieran beteiligten Gewerbebetriebe zu Klärvorrichtungen anzuhalten. Sie verhehle sich nicht, daß hierdurch völlig befriedigende Zustände nicht erzielt werden würden. Die Abwässer der Stadt Neustadt a. d. Orla gäben hierfür einen naheliegenden Beweis (s. u.). Übrigens sei der Walkerdeverbrauch jetzt eingeschränkt (550 kg täglich gegen 4000 kg früher) und die Kötschau erhielte jetzt erheblich mehr Wasser durch die Gewerbebetriebe Pößnecks zugeführt als früher. Die Entnahme aus Kötschau nebst Fehlbach und Mühlbach betrage täglich 2173 cbm, dagegen würden täglich aus den Fabriken 5640 cbm der Vorflut zugeführt, sodaß schon dadurch die Verhältnisse gebessert wären. Zur Zeit würden Versuchsanlagen zur Reinigung der Abwässer einiger Fabrikbetriebe vorbereitet, nach deren Ausfall weitere polizeiliche Anordnungen getroffen werden würden.

Dem Magistrat Pößneck gegenüber erklärte sich die Regierung mit der Einrichtung lokaler Versuchs-Kläranlagen unter dem 10. Juli 1902 einverstanden. Bau und Versuchsleitung sollte dem Stadtbaumeister Schönfelder unterstehen, und aus der Staatskasse wurde zu diesen Versuchen der Betrag von M 2000 zur Verfügung gestellt. Der mechanischen Kläranlage wurde die Kläreinrichtung in der Papierfabrik von C. F. Leonhardt in Niederschlema als Muster zugrunde gelegt und im Mai 1903 endlich eine solche Anlage auf dem Grundstück der Flanellfabrik G. F. Thalmann errichtet. Die Kosten der Anlage betrugen rund 1100 M.

Die Kläranlage stellt einen Klärbrunnen dar, welcher aus je einem inneren und

äußeren konzentrischen Zylinder besteht, deren Durchmesser sich etwa wie 2 : 3 verhalten. Der äußere Zylinderbehälter ist am Grunde konisch vertieft. Die Steigung der Konuswände beträgt 1 : 3. Der innere Zylinder hat nur etwa die halbe Höhe des äußeren (bis zum tiefsten Punkt gemessen). Das Schmutzwasser passiert vor dem Eintritt in den äußeren Zylinder einen Grobrechen, sinkt im äußeren Zylinder zu Boden und steigt im inneren Zylinder wieder nach aufwärts. Etwas unterhalb der Oberkante des Innenzylinders befindet sich der Ablauf des geklärten Wassers. Der in der konischen Vertiefung des Außenzylinders sich ansammelnde Schlamm wird von Zeit zu Zeit durch eine Schlammpumpe entfernt. Die Durchflußgeschwindigkeit des Wassers durch den Klärbrunnen soll etwa 1 mm pro Sek. betragen. Darnach und nach der zu bewältigenden Wassermenge richten sich für jeden einzelnen Fall die Dimensionen der Anlage.

Nachdem diese Versuchsanlage für die Klärung der Abwässer der Flanellfabrikation geschaffen war, sollte auch eine Versuchskläranlage in einer Lederfabrik (Brüderlein) errichtet werden. Die Herstellung derselben erwies sich indessen angeblich z. Z. als unausführbar, und so wurde dann versucht, die Klärfähigkeit der Brüderleinschen Abwässer durch Versuch mit einem Modell festzustellen, welches eine Verkleinerung der Thalmannschen Anlage im Verhältnis 1 : 20 darstellte.

Nach dem Bericht des Magistrats zu Pößneck vom 5. September 1903 soll sowohl die große Anlage (Thalmann), als auch das Modell hinsichtlich der Klärung einen guten Effekt gehabt haben, indem die Anlagen im ersten Fall 87 % (muß heißen 83 %), im zweiten Fall 97 % „der durch den Trockenrückstand repräsentierten Verunreinigungen" zurückgehalten hätten. In wie weit eine solche Rechnung zulässig ist, soll weiter unten erörtert werden.

Der Magistrat von Pößneck schloß daraus, daß die „Thalmannsche Anlage" wie für die Abwässer der Flanellfabriken, so auch für die Abwässer der Gerberei- und Lederfabriken anwendbar wäre. Indessen hielt er es für zweckmäßig, hier das Urteil eines Hygienikers zu Rate zu ziehen, am besten ein Gutachten des Reichs-Gesundheitsamtes einzuholen.

Die jährlichen Betriebskosten (im besonderen durch die Schlammbeseitigung) der Einzelanlagen würden aber nach dem Magistratsberichte höher sein als bei einer Zentralanlage. Wenn auch die Erbauung einer zentralen Kläranlage auf die bekannten Schwierigkeiten stoße, so würde eine solche jedoch technisch und wirtschaftlich den Vorzug vor Einzelanlagen verdienen. Als Baugelände für eine zentrale Kläranlage würde eine Stelle etwa 600 m unterhalb der Landesgrenze, d. i. unterhalb der Ortslage von Köstitz zu suchen sein. Im weiteren Bericht werden technische Einzelheiten erörtert (Rohrkanal, Gefälle) und schließlich vorgeschlagen, auch die zentrale Kläranlage nach dem Thalmannschen Muster zu bauen. Die zu fördernde Schlammenge wird auf Grund der Versuche an der Thalmannschen Anlage auf 11 000 cbm jährlich wässeriger Schlamm berechnet (bei 50 Betriebswochen). Als Grunderwerb wären 1,25 ha notwendig. Die Anlagekosten einschließlich Rohrleitung pp. werden auf 180 000 M. veranschlagt. Für Verzinsung und Amortisation wären jährlich 8460 M. und für Betriebskosten und Unterhaltung jährlich 5040 M. aufzuwenden, so daß die gesamte Jahres-

ausgabe 13500 M. betragen würde gegenüber 25—34000 M., wie sie bei Einzelkläranlagen zu erwarten stände. Es hänge also alles davon ab, daß ein Platz für die Kläranlage beschafft und unter Meiningische Verwaltung gebracht werde. Da aber eine Besichtigung der Kläranlage der Thalmannschen Fabrik durch eine Kommission der Regierung am 12. September 1903 einen sehr befriedigenden Eindruck machte, so verfolgte die Herzoglich-Meiningische Regierung den Gedanken an eine zentrale Kläranlage vorläufig nicht weiter, wies vielmehr unter dem 15. September 1903 den Magistrat zu Pößneck an, allen gewerblichen Betriebsunternehmern in Pößneck, welche die Abwässer ihrer Betriebe in die fließenden Gewässer des dortigen Gemeindebezirks ableiten, insbesondere den Flanellfabrikanten, Gerbern, Lederwarenfabrikanten und zwar jedem einzeln zu eröffnen, daß gemäß Artikel 43, 100, 101, 105 des Wassergesetzes vom 6. Mai 1872 bei Vermeidung von Zwangsstrafen bis zu 900 Mark und weiterer Zwangsmaßnahmen,

1. bis zum 1. Oktober 1905 die Ableitung von Abwässern aus den gewerblichen Anlagen in die fließenden Gewässer entweder ganz einzustellen oder
2. binnen gleicher Frist so einzurichten sei, daß die Abwässer nur nach erfolgter Reinigung in besonderen von der Bezirkspolizeibehörde als genügend befundenen ständigen Anlagen und Vorkehrungen den fließenden Gewässern zugeleitet werden.
   Hierzu seien
3. innerhalb 6 Monaten vom Tag der Eröffnung dieser Verfügung ab, die Bauzeichnungen, Lagepläne und Beschreibungen dieser zur Reinigung der Abwässer bestimmten Anlagen und Vorkehrungen dem Herzoglichen Landrat in Saalfeld, als Bezirkspolizeibehörde, einzureichen und danach ordnungs- und plangemäß bis zum 1. Oktober 1905 auszuführen und fernerhin in brauchbarem Zustand zu unterhalten. Gegen diese Auflage stehe nach Artikel 105 des Wassergesetzes eine ausschließliche Rekursfrist von 14 Tagen zu. Der Techniker Biertig sei beauftragt, Plan und Kostenanschlag einer geeigneten Reinigungsanlage für die betreffenden gewerblichen Betriebsunternehmer auszuarbeiten, zu welchem Zweck dem genannten Techniker Zutritt zu den gewerblichen Anlagen zu gewähren und alle etwa gewünschten Auskünfte zu erteilen seien.

Ferner erfolgte gleichfalls unter dem 25. September 1903 eine Bekanntmachung des Magistrats, daß das Herzogliche Staatsministerium, Abteilung des Innern, mit Verfügung vom 15. September 1903 Maßnahmen zur Reinhaltung der Kötschau getroffen und ferner angeordnet habe, daß neue Zuleitungen verunreinigender oder schädlicher Zuflüsse in die fließenden Gewässer des Pößnecker Gemeindebezirks verboten seien und daß Ausnahmen von diesem Verbot nur mit seiner Genehmigung gestattet werden könnten.

Gegen diese Anordnung des Herzoglichen Staatsministeriums vom 15. September 1903 erhoben die nachstehend verzeichneten 18 Firmen Klage beim Herzoglich Meiningenschen Oberverwaltungsgericht:

1. J. F. C. Rothe,	10. Büttner & Freysoldt,
2. J. G. Zoeth & Söhne,	11. C. F. Bernhardt,
3. E. Brüderlein,	12. L. Gerhardt[1]),
4. König & Siegel,	13. Horn & Co.[2]),
5. F. Haller,	14. Gebr. Schmeißer[3]),
6. F. G. Roßner,	15. Fischer & Seige,
7. C. G. Bernhardt,	16. E. Gebhardt,
8. Siegel & Schäller,	17. C. H. Rahnis,
9. Siegel & Schütze,	18. C. G. Wölfel & Söhne.

Bei der Klageerhebung behaupteten die nachstehenden Firmen, bereits genügende Anlagen zur Reinigung von Abwässern zu besitzen:

a) 1. E. Brüderlein,
   2. F. G. Roßner (nach System Friedrich Leipzig),
   3. C. G. Bernhard (Anlage kostete 8000 Mark, jetzt Seifenwalke, statt billigerer und besserer Erdwalke),
   4. Siegel & Schäller,
   5. Fischer & Seige (Anlage kann unter Umständen noch vergrößert werden),

b) Die Firmen:

1. J. G. Zoeth & Söhne,	4. Wölfel & Söhne,
2. Siegel & Schäller,	5. E. Brüderlein,
3. Siegel & Schütze,	6. L. Gerhardt

behaupteten ferner, daß sie zur Herstellung der erforderlichen Reinigungsanlagen nicht den genügenden Raum hätten und dessen Beschaffung unmöglich oder nur mit großen Kosten möglich sei.

In bezug hierauf sei bemerkt, daß das Herzogliche Staatsministerium sich auf den Standpunkt stellte, daß der Maßstab der Thalmannschen Kläranlage in Vergleich zu ziehen sei; daß außerdem aber nicht nur darauf Rücksicht zu nehmen sei, daß der erforderliche Raum bereits im Eigentum des Betriebsinhabers zur Verfügung stehe, sondern auch darauf, ob es nicht möglich sei, ihn durch Neuerwerb benachbarten Landes zu beschaffen.

Gegen die Anordnung des Herzoglichen Staatsministeriums wurden außerdem noch folgende Gründe von verschiedenen Firmen geltend gemacht:

a) Die betreffenden gewerblichen Anlagen beständen, ohne daß ihnen einschränkende Bedingungen auferlegt wären, schon seit so langer Zeit, daß sie ein verjährtes Anrecht für die Ableitung der Abwässer in die Kötschau zu besitzen behaupteten.

---

[1]) Zog die Klage zurück.

[2]) Erheben nur insofern Rekurs, als sie sich für Platz, Art und Weise der Kläranlage und Verwendung des fortzuschaffenden Schlammes einen eigenen Plan ausarbeiten wollen; zogen die Klage zurück.

[3]) Zogen die Klage zurück.

b) Die angeblichen Übelstände seien übertrieben worden; einzelne Firmen geben auch an, die von ihnen stammenden Abwässer seien an Menge nur gering und unschädlich.

c) Die mit der Thalmannschen Kläranlage bisher erzielten Erfolge seien bisher so unbedeutend, daß selbst eine Abschwächung des angeblichen Übels völlig ausgeschlossen erscheine.

d) Man wisse nicht, wohin die Abwässer geleitet werden sollten, wenn nicht in die Kötschau.

e) Auch allen anderen flußabwärts belegenen gewerblichen Anlagen müßten die gleichen Verpflichtungen auferlegt werden.

Zoeth & Söhne fordern dies für:

Albert Fischer, Gerberei,
Brüderlein, Gerberei,
Eberlein, Porzellanfabrik,
Conta & Böhme, Porzellanfabrik,
Thalmann, Flanellfabrik,
Fischer & Seige, Flanellfabrik,
Roßner, Flanellfabrik,
Siegel & Schütze, Flanellfabrik und
R. Berger, Schokoladenfabrik.

f) Die Klagen der Orlaanwohner würden verstummen, wenn die Orla reguliert würde.

g) Zwei Flanellfabriken (Bernhardt und Siegel & Schütze) behaupteten, daß ihre Abwässer nicht so schmutzig seien wie die von Gerbereien. Walkerde werde fast nicht oder nicht mehr verarbeitet; das Wasser durchlaufe bereits Klärbassins, und die Walk- und Färbhaare, sowie andere Unreinigkeiten würden durch Siebe abgefangen.

h) Einzelne Gewerbetreibende behaupten die Kosten nicht aufbringen zu können, sie zu tragen, sei Sache des Staates.

i) Zum Teil erklären sich die Unternehmer einverstanden, wollen aber erst Gewißheit über die Möglichkeit und den Umfang einer Anlage und deren Unterhaltung haben.

k) Kalk und Lohbrühe sollen die Flußläufe nicht verunreinigen, sondern klärend und desinfizierend wirken (Gebr. Schmeißer).

Gegen diese Klage der Firma I. F. C. Rothe und Genossen erhob das Herzoglich Sächsische Staatsministerium Widerspruch und beantragte, daß die angefochtene Verfügung vom 15. September 1903 allenthalben bestätigt werde, führte auch zur Begründung folgendes aus:

1. Die in Frage stehenden gewerblichen Anlagen führen dem Kötschaubach und damit der Orla stark verunreinigte Fabrikationsabwässer zu und rufen dadurch erhebliche Belästigung, Gesundheitsgefahr und wirtschaftliche Benachteiligung hervor. — Zu vergleichen die Untersuchungen des Kaiserlichen Gesundheitsamts. —

2. Daher entspreche es den Bestimmungen des Art. 42 des Gesetzes vom 6. Mai 1872, die Benutzung und Behandlung der Gewässer betreffend, wenn den beteiligten Betrieben die Verpflichtung zur Einrichtung der erforderlichen Reinigungsanlagen auferlegt werde.

3. Hiergegen könne aus dem Grund der Verjährung oder der den einzelnen Fabriken erteilten Bauerlaubnis ein privatrechtlicher Anspruch auf die weitere Zuleitung der Abwässer in die Flußläufe nicht abgeleitet werden.

4. Auch der Einwand, daß häufigeres Schlämmen der Bachläufe die Übelstände abstellen werde, sei hinfällig, denn

a) würde damit die ständige Zuleitung der Abwässer nicht gehindert werden,
b) würde durch häufigeres Aufwühlen der in den Flußbetten angesammelten großen Mengen faulender Stoffe eine Gefahr für die Anwohner der Flußläufe herbeigeführt werden.

5. Es sei durch Untersuchungen ermittelt, daß zur Reinigung der Abwässer nur sehr wenig Raum in Anspruch nehmende und nur geringe Anlagekosten verursachende Einrichtungen genügten (Thalmannsche Anlage); diese eigene sich auch für Abwässer der Lederfabrikation.

Zu gleichen Ergebnissen würde wohl auch das Kremersche Reinigungsverfahren führen.

Doch solle hier zunächst ein Spielraum gelassen werden.

6. „Dagegen, heißt es in den Ausführungen weiter, halten wir zurzeit eine für die Reinigung der Abwässer aller Gewerbebetriebe von Pößneck genügende gemeinsame Anlage (s. g. Kläranlage) im Bereich des Herzogtums für unausführbar. Denn flußabwärts tritt nicht nur die Flurgrenze von Pößneck-Jüdewein, sondern mit dieser zusammenfallend zugleich die Landesgrenze gegen Weimar so unmittelbar und dicht vor den bebauten Teil der Stadt Pößneck und an das Baugebiet der weimarschen Gemeinde Köstitz heran, daß für eine größere Abwässerreinigungsanlage, die unvermeidlich durch Schlammablagerung, Verdunstung und Geruch die nähere Umgebung belästigen würde, innerhalb der Landesgrenze und im unmittelbar anstoßenden Gebiet des Nachbarstaates kein Raum gegeben ist."

Unter dem 6. April 1904 entschied das Herzoglich Meiningensche Oberverwaltungsgericht entsprechend dem Antrag des Herzoglich Meiningenschen Staatsministeriums, daß die Klage auf Kosten der Kläger abzuweisen sei und zwar mit folgender Begründung.

Die Verunreinigungen der Pößneck durchziehenden Bachläufe und der Orla geben schon seit langer Zeit zu Klagen Veranlassung. Diese Verunreinigungen sind bedingt durch die Abwässer der Flanellfabriken und der Gerbereien (vergl. Gutachten des Kaiserlichen Gesundheitsamts in den Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. XIV). Neuere Untersuchungen haben dies und die daraus erwachsende ernste Gefahr bestätigt.

Diese das öffentliche Wohl bedrohenden Mißstände zu beseitigen, ist die Behörde verpflichtet. Demgegenüber treten die privaten angeblich ersessenen Rechte und Ansprüche zurück. Die Bestimmungen des Wassergesetzes geben der Behörde ohne Einschränkung das Recht, die Einleitung verunreinigter Abwässer in die Flußläufe zu verbieten. Dann ist sie aber auch befugt, Vorschriften für die Reinigung des abzuleitenden Wassers zu erlassen, wobei allerdings auch die Interessen der Gewerbetreibenden zu berücksichtigen sind. Daß es möglich ist, solche Reinigungsanlagen ohne erhebliche Kosten herzustellen, hat die hergestellte Probeanlage bewiesen.

Die Behauptung mehrerer Kläger, ihre Abwässer seien nicht verunreinigt, ist durch örtliche Besichtigung vom 10. Dezember 1903 widerlegt. Aus den gewerblichen

Anlagen aller Kläger, auch derjenigen, die Klärvorrichtungen besitzen, gehen verunreinigte Abwässer in die Flußläufe. Die Gesamtheit bedingt die Mißstände; jeder einzelne muß zur Reinigung angehalten werden.

Die Anordnungen der beklagten Behörde müßten daher als gesetzmäßig durch die Interessen des öffentlichen Wohls geboten und zweckmäßig anerkannt werden.

Inzwischen hatten sich die Einwohner von Langenorla, Kleindembach und Schweinitz beschwerdeführend an die zuständigen Zentralbehörden über die durch die Verschmutzung der Orla bedingten gesundheitswidrigen Zustände gewandt, indessen ohne Erfolg. Das Reichsamt des Innern nahm daher Veranlassung, unter dem 19. August 1903 bei der Herzoglich Meiningenschen Regierung anzufragen, was im Benehmen mit den beteiligten übrigen Bundesregierungen zur Abhilfe geschehen sei. In ihrem Antwortschreiben vom 19. September 1903 wies die Herzogliche Regierung in Meiningen darauf hin, daß die hochgradige Verunreinigung der Orla keineswegs allein auf die Einläufe aus der Stadt Pößneck in den Kötschaubach zurückzuführen sei, auch liege kein Anhalt dafür vor, daß die behaupteten Übertragungen von Milzbrand im Orlatal etwa auf die Einflüsse von Gerbereien der Stadt Pößneck zurückzuführen wären. Eine Besserung der Verhältnisse sei schon eingetreten durch die in der Stadt Pößneck mit großen Kosten geschaffene Tiefkanalisation, durch welche die Fäkalien von der Vorflut ferngehalten würden, und durch das Verschwinden der Walkerde aus den gewerblichen Betrieben. Die mechanische Reinigung der Fabrikabwässer sei noch nicht gelungen. Eine zentrale Reinigungsanlage für sie zu schaffen, sei wegen Grenzschwierigkeiten nicht möglich. Es sei daher unter dem 15. September 1903 an die beteiligten Gewerbetreibenden die Anordnung ergangen, Einzelkläranlagen einzurichten nach dem Muster einer Versuchs-Kläranlage, welche auf dem Grundstück der Flanellfabrik von G. F. Thalmann errichtet worden sei. Es würde für die Herzogliche Regierung von großem Interesse sein, wenn das Kaiserliche Gesundheitsamt oder der hiermit verbundene Reichs-Gesundheitsrat Veranlassung nehmen wollte, die genannte Versuchsanlage auch seinerseits auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen, eventuell an einem im Verhältnis 1 : 20 gefertigten Modell.

Im Verlauf der weiteren Verhandlungen wurde dann, wie oben mitgeteilt, der Reichs-Gesundheitsrat vom Reichskanzler beauftragt, sich gutachtlich über Mittel zur Beseitigung der gesundheitsschädlichen Verunreinigung der Orla zu äußern.

Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Orla durch die Abwässer der Stadt Neustadt a. d. Orla.

Die Verunreinigung der Orla durch die Stadt Neustadt a. d. Orla findet statt, so lange als Gerbereien und Tuchfabriken in Neustadt bestehen.

Nach einem Bericht des Großherzoglichen Bezirksdirektors vom 18. Juni 1894 an das Großherzogliche Staatsministerium in Weimar pflegen wegen der Verunreinigung auf der Strecke von Döhlen abwärts bis hinter Neunhofen Fische in der Orla überhaupt nicht vorzukommen. Der Zustand der Orla hätte sich in den letzten 10 Jahren wesentlich verschlimmert. Trotzdem wären Beschwerden über den jetzt bestehenden Zustand der Verunreinigung nicht erhoben worden, was nach Ansicht des

Bezirksdirektors wohl auf den Umstand zurückzuführen ist, daß man schon seit Menschen Gedenken das Orlawasser zu Wirtschaftszwecken nicht mehr benutzt hat und daß die Fischerei in derselben seit einer längeren Reihe von Jahren nicht mehr verpachtet worden ist.

Trotzdem hielt sich die Großherzoglich Sächsische Regierung für verpflichtet, gegen die Verunreinigung der Orla auch auf weimarischem Gebiet vorzugehen, und ließ im Jahre 1894 durch den Bezirksdirektor in Neustadt a. d. Orla die Quellen der Verunreinigung, die etwa vorhandene Berechtigung zum Einleiten von Abwässern, die Schädlichkeit der Verschmutzung sowie die dagegen getroffenen Vorkehrungen feststellen. Diese Feststellung ergab, daß 5 Tuchfabriken und 26 Gerbereien in Neustadt a. d. Orla an der Verunreinigung beteiligt waren. Der Bezirksdirektor empfahl schon damals, die Gemeinde Neustadt zu veranlassen, eine Kanalisation anzulegen, an diese Kanalisation auch die Gerbereien und Tuchfabriken anzuschließen und die gesammelten Abwässer unterhalb der Stadt in einem Klärbassin zu reinigen. Sollte dieser Vorschlag zu einem Ergebnis nicht führen, so heißt es in dem Bericht des Bezirksdirektors vom 15. September 1894, so würde ich folgende Maßnahmen in Vorschlag bringen:

1. Gegenüber den benannten Fabrikbesitzern werden zunächst, nachdem sich herausgestellt hat, daß durch die Einleitung ihrer Fabrikabwässer die Fischereirechte der Gemeinde Neustadt und der Gemeinden Neunhofen, Laußnitz und Kolba geschädigt werden, die Bestimmungen des § 37 Absatz 1 und 2 des Fischereigesetzes zur Anwendung zu bringen sein.

Gegenüber dem Fabrikanten Küntzel, welcher die zur Einleitung seiner Fabrikabwässer erforderlichen Vorkehrungen schon vor der Gültigkeit des Gesetzes vom 6. Mai 1876 hergestellt hat, befürchte ich keine Weiterungen aus dem Absatz 3 des obengenannten § 37; wenn solche wider Erwarten trotzdem eintreten sollten, würde ich wegen sanitäts- und verkehrspolizeilicher Bedenken — die Abwässer fließen in einem offenen Graben entlang eines sehr begangenen Fußweges und rufen übelriechende Ausdünstungen hervor — die Beseitigung der jetzigen Abflußleitung anstreben.

2. Die Besitzer der Gerbereianlagen werden unter Hinweis auf den § 42 des Wasser- und Uferbaugesetzes dahin zu verständigen sein, daß die Benutzung des Orlawassers zur Einweichung und Abspülung der Häute meine Erlaubnis voraussetze, und mit Anweisung zu versehen sein, um diese Erlaubnis nachträglich einzukommen.

Bei der Stellungnahme gegenüber Gesuchen dieses Inhalts wird jedenfalls als Bedingung zu stellen sein, daß das Einweichen frischer Häute, sowie das Waschen geschwitzter Häute gar nicht, das Waschen mit Gaskalk, Arsen usw. enthaarter Häute erst dann stattfinden darf, wenn die letzteren von dem ihnen anhaftenden Kalk usw. tunlichst bereits in den Anlagen befreit worden sind.

Schwieriger wird sich die Beseitigung derjenigen Übelstände gestalten, welche durch die bisherige Einleitung der flüssigen und festen Abgänge hervorgerufen sind. Man könnte an eine Abhilfe auf dem Wege denken, daß den Besitzern der bestehenden Gerbereianlagen angesonnen wird, nachträglich solche Einrichtungen zu treffen, wie sie heutzutage bei Erlaubniserteilungen zur Errichtung von Gerbereianlagen als Bedingungen gestellt zu werden pflegen und welche im wesentlichen darin bestehen,

daß für die Aufnahme der Abgänge — flüssiger wie fester — Sammelgruben angelegt werden, deren Räumung nach der Bestimmung der Ortspolizeibehörde in angemessenen Zwischenräumen zu erfolgen hat, und daß die Einrichtung besonderer Kalk- bezw. Lohgruben vorgesehen wird.

Allein es wird ein zwangsweises Vorgehen nach dieser Richtung hingesehen auf die Bestimmungen in § 1, 25 Absatz 2 der Gewerbeordnung nicht für angängig erachtet werden können, außerdem würde die bei weitem größere Anzahl der Besitzer der in Betracht kommenden Anlagen wegen Raummangels nicht in der Lage sein, Einrichtungen der vorerwähnten Art zur Ausführung zu bringen.

Ein Verbot der bisherigen Einleitung würde zur Folge haben, daß eine ganze Anzahl von Besitzern kleinerer, seit länger als einem Jahrhundert bestandener Gerbereien ihren Betrieb einstellen müßten, und dürfte daher kaum ernstlich ins Auge gefaßt werden können.

Hierbei darf nicht außer acht gelassen werden, daß schon durch das Einweichen und Abspülen der Häute, zu welchen beiden Verrichtungen nach Lage der Verhältnisse die Benutzung des Orlawassers nicht umgangen werden kann, der Gebrauch des letzteren als Wirtschaftswasser wesentlich beeinträchtigt werden wird und daß auch dasselbe als Fischwasser nicht mehr recht geeignet erscheint.

Hingesehen auf diese Sachlage dürfte es angezeigt erscheinen, lediglich diejenigen Gerbereibesitzer, welche den nötigen Raum zur Verfügung haben, zur Herstellung von Sammelgruben und anderen dergleichen Einrichtungen anzuhalten, bei denjenigen Besitzern aber, auf deren Seite dies nicht der Fall ist, es bei dem bisherigen Zustande bewenden zu lassen, vielleicht mit der Maßgabe, daß diejenigen Abgänge an Kalk und Tauben- bezw. Hundekot, welche jetzt in die Orla miteingeführt werden, unschädlich, z. B. durch Hinausschaffen aufs freie Feld, beseitigt werden.

Das hiernach erforderliche Vorgehen gegen die beteiligten Anlagenbesitzer dürfte nicht zu überstürzen sein. Es handelt sich im Fragefalle um althergebrachte, seit länger als 100 Jahren bestandene Verhältnisse, auf deren Weiterbestand die Beteiligten umsomehr ein wohl erworbenes Recht zu haben vermeinen, als von zuständiger behördlicher Seite noch niemals Veranlassung genommen worden ist, gegen die von ihnen bewirkte Benutzung des Orlawassers einzuschreiten. Der Erfolg, welcher sich als Ergebnis eines behördlichen Einschreitens in den in Frage kommenden Richtungen zeigen wird, dürfte voraussichtlich ein verhältnismäßig geringer sein und in einem Mißverhältnis zu einer etwaigen Mißstimmung stehen, welche ein scharfes Vorgehen zweifellos im Gefolge haben würde. Das Orlawasser wird auf seinem Laufe durch den Stadtbezirk Neustadt a. O. niemals die Eigenschaft eines guten Fischwassers bekommen können und ebensowenig wird dessen wirtschaftliche Benutzung in nennenswerter Weise zu ermöglichen sein, ein Übelstand, welcher für den beteiligten Kreis der hiesigen Einwohnerschaft sich umsoweniger fühlbar macht, als die vor einigen Jahren hergestellte Wasserleitung dem wirtschaftlichen Bedürfnisse Genüge zu leisten geeignet und letztere auf das Orlawasser nicht angewiesen ist.

Die Gemeinde Neustadt kam indessen vorläufig zu dem Entschluß (7. Oktober 1895), daß von der Herstellung einer zentralen Kläranlage einstweilen abzusehen sei,

zumal ein bewährtes System dafür nicht existiere, und der Erfolg nicht im richtigen Verhältnis zu den Aufwendungen stehen würde. Dahingegen möchten die einzelnen in Betracht kommenden Gewerbetreibenden angehalten werden, ihre Abwässer vor der Einführung in die Orla oder den Siechenbach zu klären.

Dieser Anregung wurde Folge gegeben, und zunächst den Tuchfabriken auf Grund des § 37 des Fischereigesetzes die Anlage von Klärbassins aufgegeben. Von einer Klärung der Gerbereiabwässer glaubte man zunächst absehen zu sollen, da einer großen Anzahl von Gerbereien der nötige Platz für eine Kläranlage nicht zur Verfügung stehe.

So wurden denn bis zum Jahre 1898 die 6 Tuchfabriken der Stadt mit Kläranlagen ausgestattet, welche alle im wesentlichen gleichartig nach den Vorschlägen des Landbaumeisters Häßner konstruiert waren.

Als Beispiel möge die Beschreibung der Senkgrubenanlage für das Abfallwasser aus der Tuchfabrik von C. F. Könitzer dienen.

Das Abfallwasser, welches bei der Walkerei und Wollwäscherei entsteht, wird in einer 1,0 : 1,50 m großen Grube gesammelt und gelangt von letzterer nach einer 2,65 : 3,60 m großen Grube; von da in einem offenen Graben von etwa 13,0 m Länge nach dem ca. 120,0 m langen Kanal, welcher im nördlichen Teile des Grundstücks ausmündet.

Die beiden vorhandenen Gruben befinden sich in gutem baulichen Zustande, doch sind vor den Abflußrohren Staubleche anzubringen. Zum nochmaligen Sammeln des Abfallwassers soll eine dritte Grube von 2,50 m Länge, 2,00 m Breite und ca. 1,25 m Tiefe, in welche auch das Wasser aus der Färberei geleitet wird, das feste Stoffe nur in ganz geringen Mengen mit sich führt, angelegt werden.

Die Grube ist von Backsteinen mit verlängertem Zementmörtel zu mauern, in der Sohle mit desgleichen zu pflastern und an den Wänden zu tünchen. Auf die Umfassungswände sind Abdeckplatten von Stein oder Rollschicht von Backsteinen mit Zementmörtel zu verlegen. Vor das 25 cm weite Abflußrohr nach dem tiefer liegenden Kanal ist ein, etwa 30 cm unter das Rohr reichendes Staublech anzubringen.

In den erteilten Konzessionen befand sich stets folgende Klausel: Falls, ungeachtet dieser Vorkehrungen, die erhoffte Reinhaltung der Orla von den der Fischerei schädlichen Abwässereinleitungen aus den in Frage kommenden Fabrikanlagen nicht einträfe, sollten die Unternehmer gehalten sein, alle diejenigen Einrichtungen zu treffen, welche zur tunlichsten Abwendung von Schäden für fremde Fischereirechte für notwendig erachtet werden.

Im Jahre 1897 wurde die Kanalisation der Stadt Neustadt an der Orla begonnen. Zurzeit (1907) sind 504 Wohnhäuser an die Kanalisation angeschlossen. Es besteht Anschlußzwang. Die Kanäle nehmen sowohl Hausabwässer, wie Regenwässer und gewerbliche Abwässer von einigen Gerbereien und Tuchfabriken auf, und zwar wird das Regenwasser durchweg mit abgeführt. Eine Einleitung von Fäkalien in die Kanäle ist nur in einzelnen Fällen gestattet. Es bestehen zurzeit 10 Wasserklosetts, im übrigen werden die Fäkalien in Gruben (ohne Überläufe) gesammelt, von Zeit zu Zeit abgefahren und landwirtschaftlich verwertet. Das gleiche geschieht mit dem Haus-

müll, dem Straßenkehricht und dem Schlamm aus den industriellen Reinigungsanlagen. Eine besondere Abführung der Kühl- und Kondenswässer der Fabriken findet nicht statt.

Die Abwässer münden an drei Stellen in die Vorflut. Vor ihrer Einmündung passieren sie eine Art von Sandfang, sodaß gröbere Schmutzstoffe nicht mit in die Vorflut gelangen können.

Die Einmündungsstellen sind 1. an der Orlabrücke der Rodaerstraße in die Orla, 2. beim Rauhause in den Mühlgraben und 3. am Leichenhause in den Siechenbach.

Die durch die Erbauung der Kläibassins für die Tuchfabriken und durch die Erbauung der Kanalisation geschaffene Verbesserung der Verhältnisse war nur gering.

In den Akten (1900) findet sich die Notiz, daß die von den Neustädter Tuchfabrikanten eingerichteten Klärbassins wenigstens den Erfolg gehabt hätten, daß eine Verschlechterung in der Verunreinigung des Orlawassers trotz Vermehrung bezw. Vergrößerung der Gerbereien [1]) verhütet worden sei. Nach wie vor wird aber u. a. über die stark belästigenden üblen Ausdünstungen des Orlawassers Klage geführt. Man hoffte nun, daß eine Regulierung der Orla Besserung schaffen würde, d. h. daß mit dem besser werdenden Gefälle die Ablagerung der Sinkstoffe zurückgehen würde. Die Anlage einer zentralen Kläranlage unterhalb der Stadt an der Ehrlichsmühle für die gesamten Abwässer, wie sie der Bezirksdirektor vor Jahren schon vorgeschlagen hatte, wurde als ein unmögliches Projekt angesehen, da die Stadt Neustadt durch die in den letzten Jahren zur Ausführung gebrachte Kanalisation und Pflasterung unverhältnismäßig große Ausgaben gehabt hätte (300000 M.) und durch mehrfache Konkurseröffnungen eine erhebliche Einbuße an Steuerkapital eingetreten wäre (Berichte des Bezirksdirektors vom 3. Dezember 1901).

So wurden denn von dem Diplom-Ingenieur J. Kölzow in Jena im Jahre 1902 „Vorschläge über Maßnahmen zur Verbesserung der Abflußverhältnisse der Orla bei Neustadt und zur besseren Reinigung der in die Orla eingeleiteten gewerblichen und Fabrik-Abwässer“ ausgearbeitet. In Betracht kam eine Regulierung der Orla in den Fluren Molbitz, Neustadt und Neunhofen. Diese Vorschläge hielten sich nach Meinung des Bezirksdirektors innerhalb der Grenzen des erreichbaren und sollten einen Kostenaufwand von etwa 15000 M. verlangen. Die Gemeinde Molbitz lehnte es indessen glattweg ab, sich an der Begradigung der Orla zu beteiligen; die Gemeinde Neustadt machte ihre Beteiligung abhängig von einem reichlich bemessenen staatlichen Zuschuß, desgleichen die Gemeinde Neunhofen. Da die Ausübung eines Zwanges auf die betreffenden Gemeinden zum Teil ausgeschlossen war, so ließ man dieses Projekt wieder fallen und wandte sich wieder dem Vorschlage einer gemeinsamen Kläranlage zu. Das Projekt (Klärbecken) hierzu wurde im Jahre 1903 von dem Großherzoglichen Landbaumeister Lehmann in Neustadt a. d. Orla aufgestellt. Dasselbe stellte sich nur zur Aufgabe, dem Abwasser „so viel Schmutzstoffe zu entziehen, daß Verschlämmen der Ufer und der Sohle, Fäulnisvorgänge und damit zusammenhängende Geruchsbelästi-

[1]) Auch in einzelnen Gerbereien wurden unterdessen Kläranlagen gebaut.

gungen nicht mehr auftreten können". Weitergehende Ansprüche würden die Kosten zu stark erhöhen. (Näheres über das Projekt siehe Teil V).

Die Kosten für das Klärbecken wurden auf 22000 M. und später auf 30000 M. veranschlagt, die jährlichen Unterhaltungskosten auf 5000 M. Zu diesen Unkosten wurde seitens der Gemeinde Neustadt eine staatliche Beihilfe von 15000 M. als notwendig erachtet. Der Sparkassenverein zu Neustadt bewilligte von dem Reingewinn des Jahres 1903 4000 M. zu dem gleichen Zweck.

Inzwischen hatte sich die Allgemeine Städtereinigungsgesellschaft m. b. H. in Wiesbaden erboten, ein Projekt für die Reinigung der gewerblichen Abwässer der Stadt Neustadt aufzustellen. Der gutachtliche Bericht der Gesellschaft wurde unter dem 15. April 1904 erstattet. In demselben wird das Projekt des Großherzoglichen Landbaumeisters Lehmann als vollständig unzureichend erklärt, wenn das Orlawasser von allen grobsinnlich wahrnehmbaren Verunreinigungen befreit werden solle, also selbst für eine weitgehende mechanische Reinigung reiche die projektierte Anlage aus verschiedenen Gründen nicht aus. Die Gesellschaft empfiehlt daher, für Neustadt einen einheitlichen Kanalisationsentwurf zu bearbeiten, nach welchem die Abwässer von den Gerbereibetrieben sowohl als auch aus den Haushaltungen in geschlossenen unterirdischen Kanälen einer gemeinsamen Abwasserreinigungsanlage zugeleitet werden. Die bisher bewirkte Vorreinigung der Industrieabwässer brauchte nur in einzelnen Fällen bestehen zu bleiben. Die bereits ausgeführte Neustädter Kanalisation könne bei dem Projekt mit benutzt werden. In der zu errichtenden Zentralreinigungsanstalt müssen alle Abwässer mechanisch geklärt und anschließend darin einer Nachbehandlung vermittelst intermittierender Filter unterworfen werden. Durch eine solche Anlage würde man alle Mißstände beseitigen. — Da ein solches Projekt erhebliche Kosten beansprucht, so wurde vorgeschlagen, zunächst andere Firmen um Vorschläge anzugehen. —

In dieser Zeit beauftragte der Reichskanzler den Reichs-Gesundheitsrat mit der Erstattung des vorliegenden Gutachtens.

V. Die Ergebnisse der Ortsbesichtigung im Februar 1907 und die Maßnahmen, welche nach Ansicht des Reichs-Gesundheitsrats zur Abstellung der Mißstände getroffen werden müssen.

Wie aus der ausführlichen Darstellung der Entwicklung der Abwässerreinigungsfrage in Pößneck und Neustadt a. d. Orla hervorgeht, ist trotz der mannigfaltigsten Vorschläge und Verhandlungen bis jetzt nicht viel erreicht worden. Die städtischen Abwässer beider Gemeinwesen ausschließlich der Fäkalien werden durch eine Kanalisation zwar abgeleitet, aber ohne irgend welche vorherige nennenswerte Reinigung der kleinen Vorflut zugeführt. Eine Reihe von Fabriken klärt das von ihnen produzierte Abwasser mechanisch [1]), bevor es in die Kötschau bezw. in die Orla eingeleitet wird. Während die Kanalisation der beiden Städte schon zur Zeit der Besichtigung im Juli

[1]) In Pößneck sind die Anlagen meist nach dem Muster der Thalmannschen Anlage ausgeführt, nur Siegel und Schütze haben eine Art von Röckner-Rothesche Klärung.

und September 1904 bestand, ist die mechanische Vorklärung einzelner gewerblicher Abwässer im wesentlichen erst nach dieser Zeit eingerichtet worden und in Pößneck z. B. erst seit dem 1. Juli 1906 im Betriebe. Es erschien daher geboten, vor Abschluß des Gutachtens sich noch einmal durch eine Besichtigung und eine Untersuchung von Wasserproben davon zu überzeugen, ob diese letztgenannte Maßregel in Pößneck imstande gewesen ist, die Verhältnisse in nennenswerter Weise zu verändern. Gleichzeitig wurden auch die Verhältnisse in Neustadt a. d. Orla noch einmal geprüft. Die Besichtigungen erfolgten am 7. und 8. Februar 1907, und zwar erfolgte am 7. Februar 1907 eine Begehung von Kötschau und Fehlbach innerhalb der Stadt Pößneck, eine Befahrung der Kötschau- und Orlaufer von Pößneck bis Freienorla und eine Besichtigung der Kläranlagen der Wollwarenfabrik von C. G. Bernhardt, der Flanellfabrik von Siegel und Schütze, der Lederfabrik von Diesel und Weise und der Lederfärberei von Gebrüder Etzdorf. Am 8. Februar erfolgte eine Begehung der Orla innerhalb Neustadts und aufwärts bis Molbitz, sowie eine Befahrung der Orlaufer von Neustadt abwärts bis zum Zusammenfluß von Orla und Kötschau.

Gelegentlich dieser Besichtigungen wurden sowohl Wasser- und Schlammproben aus der Kötschau und Orla entnommen, als auch Abwasserproben vor und hinter den Kläranlagen der Firmen C. G. Bernhardt und Diesel und Weise [1]). Die Ergebnisse der physikalischen und chemischen Untersuchung dieser Wasser- und Abwasserproben finden sich in Tabelle B und C zusammengestellt.

Das Ergebnis der Besichtigung war, kurz gesagt, daß von einer wesentlichen Besserung der Zustände in Kötschau und Orla nicht die Rede sein konnte. Daß die Geruchsbelästigungen sich nicht so fühlbar machten, wie bei den früheren Besichtigungen, erklärte sich ohne weiteres aus der niedrigen Lufttemperatur, denn das ganze Orlatal lag in tiefem Schnee. Die Wasserführung der beiden Vorfluter war eine größere als im September 1904, wenn auch keine besonders erhebliche. In Neustadt selbst, im besonderen an der Gerberstraße, erschien das Orlawasser nicht so hochgradig verschmutzt wie früher. Es wurden allerdings zurzeit auch keine Felle in ihr geweicht (wegen des Frostes), unterhalb Neustadt indessen (also auch unterhalb der Einmündung der städtischen Kanäle) machte das Orlawasser äußerlich den Eindruck eines Sielwassers (s. Tabelle B Probe Nr. 2) und die Verschlammung des Bachbettes war eine hochgradige. In Pößneck war das Bett der Kötschau und des Fehlbaches erfüllt mit teils braunschwarzem, teils in allen möglichen Farben schillerndem, vielfach stagnierendem Abwasser. Die Verschlammung des Bachbettes von Kötschau und Orla war bis Kleindembach eine hochgradige und nahm dann etwas ab. Aber selbst an der Porzellanfabrik in Freienorla hatten sich vor dem Wehr große Mengen gärenden Schlammes angesammelt, welche beim Ziehen der Schützen, unter Entwickelung üblen Geruches, aufgewühlt und fortgeschwemmt wurden.

Die chemische Untersuchung der Wasserproben (s. Tabelle B) ergab bei Molbitz keine auffallende Verschmutzung, hinter Neustadt stiegen indessen alle Werte stark an, bei Kolba und Rehmen waren sie wieder gesunken. Noch stärker als unter-

[1]) Der Betrieb in der Fabrik von Siegel und Schütze ruhte infolge eines vor kurzem daselbst ausgebrochenen größeren Brandes.

halb Neustadt war, vom Standpunkt der chemischen Analyse aus, die Verunreinigung des Vorfluters bei Köstitz. Erst von Langenorla ab war der analytische Befund ein besserer.

Die mikroskopische Untersuchung der Wasserproben ergab bei Molbitz ein normales Bild. Hinter Neustadt fanden sich viel Tierhaare, gefärbte Textilfasern, große Mengen von organischem Detritus und reichliche Massen von Abwasserinfusorien. Tierhaare und gefärbte Textilfasern ließen sich im Wasser bis Rehmen hin nachweisen.

Im Wasser der Kötschau bei Köstitz fand sich massenhaft organischer Detritus, große Mengen von Protozoen, Abwasserpilzfäden, Haare und Textilfasern jeder Art und massenhafte Bakterien. Haare und Textilfasern ließen sich bis Freienorla verfolgen. Die Menge der Protozoen nahm hinter Kleindembach ab.

Pflanzliches Plankton, insbesondere Diatomeen, sonst im Bach- und Flußwasser stets mehr oder weniger reichlich vorkommend, fanden sich zwischen Pößneck und Freienorla überhaupt nicht vor, ein Zeichen für die starke Verschmutzung der Vorflut. Oberhalb Neustadt dagegen, bei Molbitz wurde es gefunden. Die pflanzlichen Organismen verschwinden dann wieder, um von Kolba an vereinzelt wieder aufzutreten. Dieser Befund spricht dafür, daß in der Orla auf der Strecke von Kolba bis zu ihrem Zusammenfluß mit der Kötschau bereits eine gewisse biologische Selbstreinigung beginnt, während im übrigen die Abnahme der verunreinigenden Stoffe, wie sie die chemische Analyse nachgewiesen hat, vorwiegend durch Verdünnung mit reinem Wasser (reines Bachwasser, zutretendes Grundwasser) hervorgerufen werden wird, abgesehen von den in Kötschau und Orla ja besonders ausgesprochenen Sedimentierungsvorgängen. Auch sonst wurde die Beobachtung gemacht, daß das Orlawasser hinter Kolba, also von Oppurg bezw. Rehmen an, verhältnismäßig rein ist, wenn auch eine gewisse Verschlammung des Flußbettes besteht.

Die Besichtigung der Kläranlagen in Pößneck konnte die Berichterstatter nicht davon überzeugen, daß deren Wirksamkeit eine hervorragende und ausreichende ist.

Die an der Versuchskläranlage auf dem Grundstück der Firma G. F. Thalmann und die mit Abwasser aus der Lederfabrik von Brüderlein an einem verkleinerten Modell der Versuchskläranlage vorgenommenen Untersuchungen (s. o.) haben zwar angeblich (s. o.) sehr gute Ergebnisse gehabt (vgl. S. 308), indessen zeigen die Ergebnisse der in Tabelle C aufgeführten Analysen, daß der Erfolg ein befriedigender nicht ist.

Die früheren Untersuchungen an der Thalmannschen Versuchskläranlage geschahen folgendermaßen: Die gereinigten Wassermengen wurden an 29 Tagen gemessen, und bewegten sich in dieser Zeit zwischen 154 und 311 cbm täglich. Die Versuche selbst waren im Gange vom 20. Mai bis zum 21. August 1903, im ganzen während 834 Betriebsstunden. In dieser Zeit wurden, nach Angabe, durch den vorgeschalteten Rechen 1298,5 kg Schmutzstoffe abgefangen, und in der Kläranlage blieben 77 cbm feuchter Schlamm zurück, das wären wöchentlich rund 6 cbm Schlamm. In einem Bericht des Magistrats von Pößneck vom 5. September 1903 wird dagegen die durchschnittlich wöchentlich aus der Thalmannschen Anlage abzufahrende Schlammenge auf rund 11 cbm angegeben.

Nach einer Erprobung, welche am 8. u. 11. September 1903 derart vorgenommen wurde, daß man 24 Stunden lang halbstündlich je eine Probe vom Zulauf und je eine Probe vom Ablauf nahm, soll die durch die Versuchskläranlage zurückgehaltene Schlammenge 73,3 bis 92,6 % betragen haben. Die Bestimmungen wurden derart ausgeführt, daß je 100 ccm des zulaufenden und je 100 ccm des ablaufenden Wassers zur Trockene verdampft wurden. Dabei wurde die Durchlaufszeit von 60 Minuten für die Beurteilung in Rücksicht gezogen.

Trotzdem haften dieser Methode nicht unerhebliche Fehler und Mängel an. Zunächst ist es nämlich, wie die Erfahrung lehrt, praktisch fast unmöglich, bei mechanischen Reinigungsanlagen wirklich korrespondierende Proben zu erhalten, da das Wasser zwar theoretisch in gleichmäßigem Strom eine solche Anlage durchfließt, nicht aber in Wirklichkeit. Wollte man bei der Untersuchung einer solchen Anlage von dieser Annahme ausgehen, so müßte man mindestens ihre Richtigkeit dadurch prüfen, daß man die Proben aus dem Zu- und Ablauf, welche angeblich der nämlichen Rohwasserportion entstammen sollen, auch auf ihre gelösten Bestandteile (z. B. Chloride) analysiert. Werden diese im Zu- und Ablauf gleich gefunden, so ist die Wahrscheinlichkeit schon eine viel größere dafür, daß es sich wirklich um identische Proben handelt. Diese Untersuchung ist aber im vorliegenden Fall nicht ausgeführt worden. Wenn nun außerdem, wie bei den in Rede stehenden Untersuchungen, die suspendierten Stoffe nicht für sich bestimmt worden sind, sondern einfach die Differenz im Trockenrückstand zwischen Zulaufwasser und Ablaufwasser als suspendierte Stoffe gerechnet werden, so hält dieses Vorgehen der Kritik nicht stand, denn, nach dem oben gesagten, kann die Differenz auch häufig durch den verschiedenen Gehalt der „identischen" Wasserproben an gelösten Stoffen bedingt sein. Die Angaben über die prozentische Abnahme der suspendierten Stoffe sind daher nur mit einigem Zweifel aufzunehmen. Einen viel sichereren Maßstab für den Effekt einer mechanischen Kläranlage bietet die in derselben verbliebene Schlammenge. Diese ist in der Tat, wie oben angegeben, nicht unbeträchtlich. Die Schlammengen, welche im allgemeinen ein Abwasser in mechanischen Reinigungsanlagen absetzt, schwanken innerhalb einer großen Breite; dies gilt vor allem für gewerbliche Abwässer. Bei städtischem Abwasser rechnet man, daß etwa 3,5—4 Liter Schlamm (auf 90 % Wassergehalt berechnet) aus dem cbm Abwasser mittlerer Konzentration[1]) durch eine normal wirkende mechanische Reinigungsanlage entfernt werden. Durch die Versuchskläranlage auf dem Thalmannschen Grundstück liefen, laut Angaben des Magistrats von Pößneck, in der Zeit vom 25. Juli bis 31. Juli 1903 1230 cbm Abwasser. Der in der Anlage verbliebene Schlammrückstand wird für die Zeit vom 24. bis 31. Juli 1903 auf 8,96 cbm angegeben. Schlägt man für den 24. Juli rund 200 cbm Abwasser hinzu, so würden 1430 cbm Abwasser 8,96 cbm Schlamm geliefert haben, das sind 6,2 Liter pro cbm. Der Wassergehalt des Schlammes ist nicht angegeben.

Es findet also, wie gesagt, tatsächlich eine nicht unerhebliche Zurückhaltung von Schlamm in der Kläranlage statt, aber es ist, nach dem oben gesagten, weder ersicht-

---

[1]) Vergl. Dost, Die Volumbestimmung der ungelösten Abwasserbestandteile. Mitteil. d. Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung. Heft 8, S. 207.

lich, wie groß im Durchschnitt die Menge der suspendierten Stoffe im Abwasser der Thalmannschen Fabrik überhaupt war, noch läßt sich mit einiger Sicherheit berechnen, wieviel Prozent der suspendierten Stoffe durch die Anlage aus dem Abwasser herausgefangen werden. Indessen ist die letztere Frage auch nicht von der Bedeutung für den vorliegenden Fall, wie man zunächst annehmen könnte. Denn bei der kleinen zur Verfügung stehenden Vorflut ist es viel wichtiger die absoluten Mengen von Schwebestoffen zu kennen, welche in der Anlage nicht zurückgehalten werden, und daher in dem Vorfluter zur Ablagerung gelangen, als ihren prozentischen Anteil an der Menge der im ungeklärten Abwasser vorhandenen Schwebestoffe. Aus den Analysen, welche die Stadt Pößneck ausführen ließ, ist diese absolute Menge nicht sicher zu ersehen und nicht zu berechnen, aber der Anblick des die Kläranlagen verlassenden Wassers sowohl bei der Besichtigung am 28. Juni 1904 als auch am 7. Februar 1907, sowie die Untersuchungsergebnisse der am 7. Februar entnommenen Abwasserproben (s. Tabelle C) zeigten deutlich, daß die Reinigung in den Einzelkläranlagen unzureichend ist.

Ein gleiches kann von den Kläreinrichtungen in Neustadt a. d. Orla gesagt werden.

Sprechen schon diese Tatsachen zugunsten der Errichtung zentraler Kläranlagen in beiden Städten, so weist folgende Überlegung noch zwingender auf diesen Weg der Abhilfe hin.

In die Vorfluter gelangen — von kleineren Abwassermengen abgesehen — 1) die städtischen Abwässer, 2) die Abwässer der Tuchfabriken und 3) die Abwässer der Gerbereien.

Die Abwässer der Tuchfabriken enthalten u. a. große Mengen von Seife, Soda, Tonerde, Fett, Leim, Stärke, Säuren und Farbstoffe, die Abwässer der Gerbereien viel gelöste organische Stoffe, Kochsalz, Kalkverbindungen, eventuell auch gebrauchte Lohbrühen.

In dem Abwasser jedes einzelnen Produzenten (Stadt, Tuchfabriken, Gerbereien) bilden sich bereits Niederschläge durch gegenseitig sich ausfällende organische und anorganische Stoffe. Diese ausgefällten Stoffe werden bestenfalls großen Teils in den Einzelkläranlagen zurückgehalten. Treffen nun aber städtische Abwässer mit den „geklärten“ Abwässern von Tuchfabriken und Gerbereien zusammen, so sind, je nach der augenblicklichen Zusammensetzung der Abwässer, neue Ausfällungen, d. h. Schlammbildungen zu erwarten, ein Umstand, der geeignet ist, den Wert der vorhergehenden Einzelklärung in Hinsicht auf die Reinhaltung der Vorflut von Sinkstoffen sehr herabzudrücken.

Anders dagegen wird es werden, wenn alle in Frage kommenden Abwässer (also auch die städtischen) vor ihrer Reinigung vereinigt und gemischt werden. Es wird dann voraussichtlich eine einmalige Ausfällung der ausscheidbaren Stoffe erfolgen, und eine nachträgliche Schlammbildung nicht oder doch nur in geringem Maße zu erwarten sein.

Ein weiterer Nachteil der Einzelkläranlagen ist der, daß sie unwirtschaftlich sind und sich auf ihren richtigen Betrieb hin nicht, oder wenigstens schwer kontrollieren lassen.

Die Unwirtschaftlichkeit ist eine gewöhnliche Eigenschaft der Dezentralisation und im vorliegenden Fall, für die Stadt Pößneck wenigstens, vom Magistrat selbst zugegeben (vergl. den Bericht des Magistrats an das Herzogliche Staatsministerium in Meiningen vom 5. September 1903).

Daß bei einer Vielheit von Kläranlagen die Aufsicht über ihren Betrieb erschwert ist, liegt auf der Hand. Und diese Aufsicht ist sehr notwendig. Es kommt dabei nicht nur darauf an, daß alles Abwasser des Betriebes (ausschließlich der reinen Kühl- und Kondenswässer) auch wirklich die Kläranlagen passiert, sondern auch darauf, daß die vorgeschriebene Durchflußzeit eingehalten, der Schlamm rechtzeitig d. h. ehe er durch Fäulnisgase auf- und mit übertreibt, entfernt wird, und daß die Abfuhr und Unschädlichmachung des Schlammes in ordnungsmäßiger Weise erfolgt. Auch für den Fall, daß man an eine Verwertung des Schlammes denkt (s. u.), wird sich dieselbe bei zentralisierter Klärung leichter einrichten lassen, als bei Einzelklärung.

Eine weitere wichtige Frage ist die, ob man für die Fabrikabwässer allein eine zentrale Kläranlage bauen soll, oder ob, auch aus anderen Gründen als den oben genannten, die städtischen Abwässer gleichfalls der Klärung unterworfen werden sollen.

Betrachten wir zunächst die Verhältnisse in Neustadt a. d. Orla.

Die Stadt besitzt z. Z. 6900 Einwohner. Die Bevölkerung wächst jährlich, nach Angabe des Magistrats, um etwa 200 Köpfe.

Der Wasserverbrauch aus der Wasserleitung wird zu 300—500 cbm täglich angegeben, von denen 50—150 cbm industriellen Zwecken dienen. Zu diesem Wasserleitungswasser tritt noch das den Pumpbrunnen entnommene Wasser hinzu, so daß man nicht fehl gehen wird, wenn man die Menge des für häusliche Zwecke gebrauchten Wassers, und entsprechend auch die Menge des produzierten Abwassers, auf etwa 400 cbm veranschlagt.

Nach Angabe des Magistrats führt die Orla oberhalb Neustadt vor Abgabe des Mühlgrabens bei Niederwasser 80—100 Sek.-Liter Wasser. Nach der üblichen Berechnung ergibt sich als größte stündliche häusliche Abwassermenge, bei Zugrundelegung eines mittleren täglichen Wasserverbrauchs von 400 cbm

$$\frac{400 \cdot 1{,}5}{24} \cdot 1{,}5$$

$= 37{,}5$ cbm, die größte sekundliche häusliche Abwassermenge also zu $\frac{37500}{3600} = 10{,}4$ Sek.-Liter, d. h. bei Niederwasser der Orla würde die größte sekundliche Menge häuslichen Abwassers nur eine 8—10 fache Verdünnung erfahren. Da der Wasserverbrauch der Stadt auf den Kopf gerechnet nicht sehr groß ist $\left(\frac{400000}{6900} = \text{rund 58 Liter}\right)$, so ist auch anzunehmen, daß das städtische Abwasser ein ziemlich konzentriertes sein wird, welches durch eine 8—10 fache Verdünnung noch nicht unschädlich gemacht wird. Man wird daher behaupten dürfen, daß unter Umständen (Niederwasser, Sommertemperatur) schon die städtischen Abwässer Neustadts für sich imstande sein werden, in der Vorflut gewisse Mißstände hervorzurufen, da sie vor ihrer Einleitung in die Orla (an der Orlabrücke der Rodaerstraße), den Mühlgraben (beim Rauhause)

und den Siechenbach (beim Leichenhause) nur von den gröbsten Unratstoffen befreit werden.

Die Stadt Pößneck hatte am 15. April 1907 12765 Einwohner. Der Zuwachs der Bevölkerung scheint, nach den Angaben des Magistrats, hier ein minder beständiger zu sein als in Neustadt.

Der Wasserverbrauch aus der Wasserleitung beträgt durchschnittlich täglich 1021 cbm, von denen durchschnittlich 476 industriellen Zwecken dienen. Da die nicht angeschlossenen Grundstücke (es besteht weder in Neustadt noch in Pößneck Anschlußzwang für die Wasserleitung) lediglich auf die zehn öffentlichen aus der Wasserleitung gespeisten Brunnen angewiesen sind, so kommt eine andere Entnahme von Wasser aus Einzelbrunnen augenscheinlich nicht in Betracht. Die Menge des produzierten häuslichen Abwassers wird man demnach aus der verbrauchten Wassermenge auf durchschnittlich 545 cbm berechnen können. Angaben über die Niederwassermenge der Kötschau oberhalb der Stadt liegen nicht vor. Inmitten der Stadt beträgt die Mittelwassermenge nach Angaben des Magistrats 270 Sek. Liter.

Führt man die oben gelegentlich der Besprechung der Neustädter Verhältnisse aufgestellte Art der Berechnung mit diesen Zahlen durch, so ergäbe sich die größte stündliche Menge häuslichen Abwassers zu

$$\frac{545 \cdot 1,5}{24} \cdot 1,5 = \text{rund } 51 \text{ sec./cbm.}$$

die größte sekundliche Menge also zu $\frac{51000}{3600} = 14,1$ Sek.-Liter. Die Verdünnung durch Mittelwasser der Kötschau würde demnach eine etwa 19 fache sein und bei Niederwasser eine vermutlich erheblich geringere. Also auch die Stadt Pößneck kann gegebenenfalls durch ihre Abwässer die Vorflut nicht unerheblich verunreinigen.

Diese Erwägungen führen ohne weiteres zu dem Schluß, daß es eine unzweckmäßige Maßregel vorstellen würde, wenn man lediglich das industrielle Abwasser reinigte, und das häusliche Abwasser nach wie vor ungereinigt in die Vorflut laufen ließe.

Es ist daher die Ansicht des Reichs-Gesundheitsrats, daß beide Städte, Pößneck wie Neustadt, danach streben sollten, Projekte ausarbeiten zu lassen zur gemeinsamen Abführung der häuslichen und industriellen Abwässer nach einer gemeinsamen Kläranlage unterhalb jeder Stadt.

Daß dabei gewisse Schwierigkeiten zu überwinden sein werden, mag ohne weiteres zugegeben werden. Zunächst erscheint es für diesen Zweck nicht günstig, daß beide Städte nach dem Mischsystem kanalisiert sind, so daß die zu erbauenden Kläranlagen auch einen Teil des Regenwassers werden mit reinigen müssen, und eine Entlastung des Kanalnetzes bei größeren Regenfällen durch Notauslässe notwendig ist. Ohne dem von technischer Seite aufzustellenden Projekt vorgreifen zu wollen, würden vermutlich die bisherigen Kanalausmündungen ganz oder teilweise zu Notauslässen umgestaltet werden können.

Eine zweite Schwierigkeit liegt darin, daß gewisse Betriebe Anrecht auf die Wasserkraft der Vorflut haben, und durch die Abführung der Abwässer in geschlossener

Leitung bis unterhalb des Orts der Vorflut ein gewisser Teil dieser Wasserkraft entzogen wird. Nach Angabe des Magistrats haben in Neustadt a. d. Orla die Bessersche Maymühle, das zum Rauhaus gehörige kleine Triebwerk und die Erlsmühle Anrecht auf Wasserkraft. Verschiedene Gerber in der Gerberstraße haben ein (verjährtes?) Recht zum Einsetzen von Schützbrettern in die Orla zum Zwecke des Weichens und Spülens der Felle. In Pößneck haben die Katzenmühle, Rosenmühle, die Wasserkraft von Siegel und Schütze und zwei von der Stadt angekaufte Triebwerke, die seiner Zeit außer Betrieb gesetzt werden sollen, ferner die Köstitzer Mühle in Köstitz Anrechte auf das Kötschauwasser als Triebkraft. Für Neustadt wird nun vom Magistrat der tägliche durchschnittliche Gesamtwasserverbrauch (Wasserleitungswasser und Wasser anderer Herkunft) zu 1500 cbm angegeben, welche bei Ausführung einer zentralen Kläranlage für städtische und industrielle Abwässer innerhalb der Stadt nicht mehr in die Orla gelangen würden. Die Orla selbst führt bei Mittelwasser der Stadt in 24 Stunden $0{,}5 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = 43200$ cbm Wasser zu, bei Niederwasser $0{,}09 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = 7776$ cbm. Die Richtigkeit der angegebenen Zahlen vorausgesetzt, würde also nach Erbauung der Kläranlage der Orla, bezw. ihren Verzweigungen in der Stadt 3,4 (Mittelwasser) bezw. 16,2 % (Niederwasser) Wasser entzogen werden.

Für Pößneck würden sich höhere Zahlen errechnen, wenn man die Mittelwasserführung der Kötschau (s. o.) zu 0,27 sek. cbm annimmt. Der Gesamtwasserverbrauch wird hier vom Magistrat zu 6660 cbm täglich angegeben[1]), davon stammen 2180 cbm aus den Bächen. Die Kötschau bringt bei Mittelwasser in 24 Stunden $0{,}27 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 = 23328$ cbm. Nach Erbauung einer Kläranlage würden also bei Mittelwasser der Kötschau derselben in der Stadt 31,5 % des Wassers entzogen werden, bei Niederwasser vermutlich bedeutend mehr.

Es mag zugegeben werden, daß alle diese Berechnungen, mangels genauer Unterlagen, auf schwachen Füßen stehen, und daß ferner die einzelnen Arme von Kötschau und Orla in Pößneck und Neustadt in bezug auf Wasserentnahme und Wasserzuführung verschieden stark beansprucht werden, immerhin geben sie doch ein annäherndes Bild der Verhältnisse, und man wird sagen dürfen, daß wenigstens für Neustadt die Entziehung des Wassers aus der Vorflut durch eine Abwasserableitung keine erhebliche Rolle spielen würde, dagegen für Pößneck wohl. Nach Angaben des Magistrats ist die Wassergewinnungsanlage der Stadt Neustadt vergrößerungsfähig und eine Vergrößerung wird auch beabsichtigt, die der Stadt Pößneck dagegen „unter den gegenwärtigen Besitzverhältnissen und ohne Zwang auf die in Frage kommenden Gemeinden und Besitzer nicht". Also auch hier befindet sich die Stadt Pößneck augenscheinlich in der übleren Lage. Darf man doch nicht vergessen, daß bei Anlage eines gemeinsamen Sammelkanals und einer gemeinsamen Kläranlage auch eine größere Menge von Wasser zu Spülzwecken für die Kanäle notwendig werden wird.

Dieser Wassermangel ist in Pößneck schon lange schwer empfunden worden, und um ihm abzuhelfen, hat vor einiger Zeit der Ingenieur Dr. M. Luxenberg ein Projekt

[1]) In der Denkschrift der Industriellen (s. o. S. 306) wird die Menge des Industrieabwassers allein auf 10000 cbm täglich veranschlagt.

für eine Talsperre im Kreise Ziegenrück aufgestellt, und neuestens finden sich in der Literatur[1]) Angaben darüber, daß eine Talsperre in dem Gertewitz-Döbritzer Grunde, der sogenannten Döbritzer Schweiz, errichtet werden soll. Den Wasserzufluß soll der wilde Gamsenbach liefern.

Diese Projekte, deren Ausführung die Zustände in der Vorflut in und unterhalb Pößneck wohl bis zu einem gewissen Grade zu ändern imstande sein würde, haben indessen augenscheinlich noch zu wenig feste Gestalt angenommen, als daß in diesem Gutachten mit ihnen gerechnet werden kann.

Für Pößneck liegt, wie oben schon häufig erwähnt, schließlich eine große Schwierigkeit für die Errichtung einer zentralen Kläranlage darin, daß seine Stadtgrenze mit der Landesgrenze zusammenfällt, und es daher darauf angewiesen sein würde, seine Kläranlage auf fremdherrliches Gebiet zu verlegen.

Die Beseitigung dieser Schwierigkeit ist eine staatsrechtliche Aufgabe, und es kann nicht Sache dieses Gutachtens sein, auf diesen Punkt näher einzugehen.

Zu fordernder Reinheitsgrad des geklärten Abwassers.

Bevor ein Reinigungsverfahren für die Gesamtabwässer von Neustadt a. d. Orla und Pößneck vorgeschlagen werden kann, muß festgestellt werden, welcher Reinheitsgrad von dem geklärten Abwasser in den vorliegenden Fällen verlangt werden muß.

Bei der Beratung des Gutachtens im Reichs-Gesundheitsrat wurde darauf hingewiesen, daß neutrale Reaktion und Klarheit der gereinigten Abwässer gefordert werden müßten. Nur bei der Erfüllung dieser Forderung wäre eine nachträgliche, ungünstige Veränderung des Wassers, die zu Schlammablagerung und Verbreitung übler Gerüche führen könne, ausgeschlossen. Hiergegen wurde geltend gemacht, daß Fälle bekannt seien, wo Abwasserreinigungsanlagen ein in bezug auf das spätere Verhalten vollkommen einwandfreies Wasser mit schwach saurer Reaktion lieferten.

Man wird, um in den Grenzen des praktisch Erreichbaren zu bleiben, die Interessen der Fischerei in der Orla, welche nicht hoch veranschlagt werden können, nicht in den Vordergrund rücken dürfen, auch wird man nicht überall damit rechnen können, das Wasser von Kötschau und Orla zum Waschen und Bleichen und ähnlichen häuslichen Zwecken an allen Stellen des Flußlaufs wieder tauglich zu machen. Es muß nur folgendes gefordert werden.

Das die Reinigungsanlage verlassende Wasser darf unter den ungünstigsten Verhältnissen (maximale Schmutzwassermenge und Niederwasserstand in der Vorflut) nach Vermischung mit dem Wasser der Vorflut weder selbst bei Sommertemperatur fäulnisfähig sein, noch darf es Stoffe ausfallen lassen (Schlamm), welche sich in fauliger Zersetzung befinden oder in faulige Zersetzung übergehen können.

Zunächst wird die gemeinsame Reinigungsanlage also mechanisch das Abwasser von den suspendierten organischen Stoffen nach Möglichkeit befreien müssen. Die Frage, ob die mechanische Behandlung als solche ausreichen wird, oder ob sie nur eine mechanische Vorreinigung darstellen soll, wird weiter unten behandelt werden.

[1]) Gesundheit 1907, Nr. 9, S. 288.

Eine mechanische Reinigungsanlage (Klärbecken) war für die Abwässer von Pößneck bereits im Jahre 1888 durch den Herzoglichen Straßen- und Wasserbaumeister Baurat Eichhorn und in dem Berichte des Magistrats zu Pößneck vom 5. September 1903 (s. S. 308), und zwar nach Thalmannschem Muster, vorgeschlagen worden.

Für die Stadt Neustadt a. d. Orla hat der Großherzoglich Sächsische Landbaumeister Lehmann im Januar 1903 eine Kläranlage entworfen, welche in der Nähe der Erlichsmühle errichtet werden sollte, nachdem schon im Jahre 1894 der Großherzogliche Bezirksdirektor eine gemeinsame Abführung aller Abwässer und ihre gemeinsame Klärung unterhalb der Stadt befürwortet hatte (S. 314). Das Lehmannsche Projekt sieht fünf Flachbecken vor, von 75 m Länge und 13,4 m Breite. Die Wassertiefe soll 1 m betragen. Die Wände der Becken sind aus Erddämmen gebildet. Die Sohle des Beckens wird gebildet durch eine Rundschwartendielung, welche mit der ebenen Seite nach oben und Zwischenräumen von 2—3 cm auf Lagern verlegt sind; darunter folgt eine 30 cm starke Schicht von Kohlenschlacken oder Ziegelbrocken, in welche ein System von Saug- und Sammeldrains verlegt ist, die diagonal angeordneten Sammeldrains münden in die in der Mitte des Beckens angeordnete Leerlaufleitung.

Die Klärgeschwindigkeit soll 10 mm pro Sekunde betragen. Die Schlammentfernung soll alle 1—2 Monate vorgenommen werden. Durch die Klärbecken, von denen stets drei im Betriebe gedacht werden, soll die ganze Orla bei Niedrig- und Mittelwasser geleitet werden. Bei höheren Wasserständen (über 400 Sek.-Liter) will der Projektverfasser die Klärbecken ausgeschaltet wissen.

Dieses Projekt erscheint dem Reichs-Gesundheitsrat für den vorliegenden Fall nicht als zweckmäßig. Erstens, weil es auf eine Ableitung in geschlossenem Kanal verzichtet und damit innerhalb der Stadt dieselben mangelhaften Zustände in der Vorflut belassen würden (Sinkstoffablagerungen), wie sie zur Zeit bestehen. Zweitens würde voraussichtlich die Kohlenschlacken-Ziegelbrockenschicht, welche den Boden der Becken bildet, verschlammen und einer rationellen Schlammbeseitigung große Hindernisse in den Weg legen, und drittens würde der Schlamm bei der vorgesehenen langen Ablagerung in den Becken (Schlammentfernung nur alle 1 bis 2 Monate!) wahrscheinlich, wenigstens in der wärmeren Jahreszeit, in starke Fäulnis übergehen, zur Wasseroberfläche auftreiben und aus dem Klärbecken mit fortgespült werden. Außerdem verzichtet dieses Projekt auf eine Verwertung der im Schlamm steckenden verwertbaren Stoffe.

Es wird für Neustadt a. d. Orla, und das gilt auch für Pößneck, überhaupt nicht angebracht sein, von vornherein eine Anlage für die gesamte Abwassermenge zu bauen. Denn man ist zunächst nicht in der Lage, beurteilen zu können, wie sich die Mischung aus den industriellen und städtischen Abwässern verhalten wird. Handelte es sich um rein oder vorwiegend städtische Abwässer, so könnte auf Grund der in dieser Richtung vorliegenden Erfahrungen schon eher der Plan einer Kläranlage für das gesamte Abwasser von vornherein aufgestellt werden. In Fällen, wie sie hier in Frage stehen, wird man zur Vermeidung unnötiger Ausgaben und zur Erzielung des bestmöglichen Reinigungseffektes mit den verhältnismäßig geringsten Mitteln die Errichtung

einer Versuchskläranlage nicht umgehen können, ein Vorgehen, das heutzutage in ähnlichen Fällen überall als das richtige anerkannt ist.

Nur im großen und ganzen steht das einzuschlagende Verfahren fest: Mechanische Klärung des Wassers, welcher gegebenenfalls eine weiter gehende Behandlung folgen müßte.

Der Reichs-Gesundheitsrat verkannte bei seiner Beratung über das Gutachten nicht, daß durch eine mechanische Kläranlage allein der zu fordernde Reinheitsgrad der Abwässers voraussichtlich nicht erreicht werden könne. Deshalb wurde von einigen Seiten die Ansicht vertreten, die mechanische Klärung nicht in den Vordergrund zu stellen und insbesondere sie nicht in den Schlußsätzen (10) zu erwähnen. Da jedoch die mechanische Klärung eine unerläßliche Vorstufe für jedes andere Klärverfahren ist, so wurde beschlossen, sie auch in den Schlußsätzen nicht unerwähnt zu lassen.

Die mechanische Klärung kann erzielt werden:

1. durch Recheneinrichtungen mit vorgelagertem Sandfang,
2. durch Klärbecken oder Klärbrunnen oder ähnlich wirkende Einrichtungen.

Eine Rechenvorrichtung ist weder für die Reinigung der Abwässer von Neustadt noch von Pößneck ausreichend, da bei derartigen Einrichtungen etwa nur 20—25 % der gesamten organischen Stoffe des Abwassers herausgefangen werden können.

Besser wirken Klärbecken und Klärbrunnen, bei denen man, je nach dem Betrieb eine etwa doppelt so große Abnahme der organischen Stoffe oder noch mehr erzielen kann. Ob Klärbecken oder Klärbrunnen zu wählen sind, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab (Grundwasserstand, Platzmangel u. a. m.). Was die zweckmäßigste Konstruktion dieser Kläranlagen anbetrifft, so ist das technischer Erwägung anheimzustellen. Es möge indessen u. a. hingewiesen werden auf die Erfahrungen, welche in Köln[1]), Elberfeld-Barmen[2]) und Essen[3]) gemacht worden sind.

Die Abwässer der Tuchfabriken enthalten gewöhnlich nicht unbeträchtliche Mengen von Fetten und Seifen, deren Wiedergewinnung aus den Abwässern unter Umständen vorteilhaft sein kann. Allerdings ist die Verarbeitung des Klärbeckenschlamms als wenig wirtschaftlich anzusehen, weil das Fett in ihm in verhältnismäßig zu geringen Mengen enthalten zu sein pflegt. Dagegen beseitigt das von Kremer angegebene Klärverfahren (Gesellschaft für Abwasserklärung Berlin) diesen Übelstand großen Teils dadurch, daß es die vom Wasser mitgeführten suspendierten Stoffe durch eigenartige Stromführung der Abwässer je nach ihrem spezifischen Gewicht in zwei Schlammschichten zerlegt, und zwar in die obere Schwimmschicht und die untere Bodenschicht. Erstere enthält größenteils die Fettbestandteile.

Durch diese Trennung soll auch der Bodenschlamm einen geringeren Wassergehalt bekommen als der in dem Klärbecken abgesetzte.

---

[1]) Die Probekläranlage zu Köln-Niehl von Stadtbaurat Steuernagel. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt usw. Heft 4 1904.

[2]) Die städtische Abwässerkläranlage von Elberfeld-Barmen vom Beigeordneten Schönfelder. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw. Heft 8, 1907.

[3]) Gesundheit 1907 Nr. 8, S. 253.

Die Berichterstatter haben die Versuchskläranlage der Stadt Chemnitz besichtigt, wo u. a. auch der Kremersche Apparat einer systematischen Prüfung hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit unterworfen worden ist. Die Ergebnisse sind seitens der Stadt Chemnitz noch nicht veröffentlicht, indessen kann soviel gesagt werden, daß der Kremersche Versuchsapparat in seinen Leistungen im allgemeinen befriedigt hat. Die Apparate dürften sich schon aus dem Grunde zu versuchsweiser Anwendung eignen, weil ihr Preis ein verhältnismäßig nicht sehr hoher ist, und je nach der zu reinigenden Abwassermenge die Anzahl der Apparate bemessen werden kann.

Ein Apparat vermag, bei einer Beschickung mit etwa 10 Sek.-Litern, in kontinuierlichem Betrieb nach Angaben der Gesellschaft bis zu 50 % der Schwimm und Sinkstoffe auszuscheiden. Das Kremersche Verfahren kann auch als Vorklärung dienen. Die Anlagen nehmen einen nur geringen Raum ein, und sind einfach im Betriebe. Das abfließende Wasser ist gewöhnlich verhältnismäßig frisch, d. h. wenig angefault, so daß Geruchsbelästigungen von der Anlage kaum zu befürchten sind. Die obere (fetthaltige) Schlammschicht[1]) wird in besonderen Fabriken auf Fettsäuren, Stearinpech und dergleichen verarbeitet. Der Schlamm wird von der Fabrik, nach Angabe, kostenlos abgenommen, eventuell sogar gegen Vergütung.

Der Bodenschlamm wird zweckmäßig bis zur Stichfestigkeit entwässert, und dann landwirtschaftlich verwertet.

Einen anderen Weg zur Wiedergewinnung des Fettes aus den Abwässern hat die Firma Siegel und Schütze in Pößneck eingeschlagen.

Das Verfahren ist folgendes: Die fertig gewebten Waren werden auf einer elektrischen Waschmaschine gewaschen, um denselben das zugefügte Fett zu entziehen. Hierbei wird in den ersten 2 Bottichen mit Sodalösung unter Mitwirkung des elektrischen Stromes die Ware — wie der technische Fachausdruck lautet — „entgerbert". Der dadurch entstehende „Gerber", im wesentlichen eine Seifenlösung, wird in dem unter der Waschmaschine angebrachten Bassin gesammelt, und von diesem aus durch eine Pumpe in ein Holzbassin übergeführt. In diesem wird der „Gerber" mit Schwefelsäure bis zur saueren Reaktion versetzt, und das Gemisch erwärmt, worauf nach 24 stündigem Stehen die Seifen zersetzt sind, und die ausgeschiedenen Fettsäuren auf der Oberfläche schwimmen. Jetzt wird die untenstehende saure Flüssigkeit abgelassen, die oben aufschwimmenden Fettsäuren werden in einer hydraulischen Presse unter Dampfzutritt ausgepreßt; dabei fließt die flüssige Ölsäure ab, zurück bleiben in der Presse feste Fettsäuren und die in der Seifenlösung suspendierten Stoffe. Diese Preßkuchen werden verfeuert.

Von der flüssigen Ölsäure gewinnen Siegel und Schütze täglich 400 Pfund, d. i. etwa 75 % des in der Spinnerei und bei dem Walkprozeß verbrauchten Fettes.

Das bei der Zersetzung der Seifenlösung entstehende saure Wasser wird neutralisiert und fließt dann ab.

Reicht die mechanische Reinigung des Abwassers zur Erzielung des geforderten Reinheitsgrades nicht aus, so wird sich später eine weitergehende, bezw. Nachbehandlung des Abwassers anschließen müssen.

[1]) Ihr Fettgehalt ist nach den Chemnitzer Versuchen ein erheblicher.

Dem Abwasser chemische Zusätze (Tonerde und dergleichen) zu geben, zwecks besserer Ausfällung der Schwebestoffe[1]), dieser Ausweg dürfte sich voraussichtlich nicht als zweckmäßig erweisen, schon aus dem Grunde, weil die aufgewendeten Kosten meist nicht im richtigen Verhältnis zur erzielten Wirkung stehen. Immerhin ist diese Art der Reinigung nicht von vornherein von der Hand zu weisen, sondern gegebenenfalls an der Versuchanlage zu prüfen.

An dieser Stelle sei auch das Kohlebreiverfahren erwähnt. Seine Vorzüge bestehen hauptsächlich in der bequemen Beseitigung der Schlammassen (Verbrennung, Schlammverwertung durch Vergasung), während der Reinigungseffekt des Abwassers bisweilen zu wünschen übrig läßt. Seine Vorteile sind weiter die Beanspruchung von wenig Raum und die meist fehlende Geruchsbelästigung, seine Nachteile die relativ hohen Anlage- und Betriebskosten, welche allerdings bei der Schlammvergasung sich nicht unerheblich reduzieren können[2]).

Was die Nachbehandlung betrifft, so käme das künstliche biologische Verfahren, die intermittierende Bodenfiltration und die Rieselei in Frage. Eine biologische Anlage würde voraussichtlich im Bau und Betrieb so teuer sein, daß an ihre Herstellung nur im Notfall gedacht werden kann. Dagegen dürfte sich die Landbehandlung unter Umständen empfehlen. Ob geeigneter Boden für die Anwendung dieser Verfahren in der Nähe der zu projektierenden Reinigungsanlagen vorhanden ist, müßte durch eine besondere Untersuchung festgestellt werden. Der intermittierenden Bodenfiltration wird man im allgemeinen vor dem Rieselverfahren deswegen den Vorzug geben, weil für dasselbe bedeutend kleinere Flächen gebraucht werden. Durchschnittlich leistet sie quantitativ das 10 fache des Rieselverfahrens.

Von großer Bedeutung, zumal für die Stadt Pößneck, ist die richtige Lösung der Schlammfrage, und die Frage, inwieweit die zentralen Abwasserreinigungsanlagen zu Geruchsbelästigungen führen können.

Die Schlammfrage ist schon oben mehrfach berührt worden. Hier muß zunächst entschieden werden, ob eine Verwertung des Schlammes rationell und erwünscht ist oder nicht. Soll eine (landwirtschaftliche oder industrielle) Verwertung des Schlammes stattfinden, so muß ein Ausfaulen desselben nach Möglichkeit vermieden werden, da besonders Dungkraft und Brennwert des Schlammes durch den Faulprozeß leiden. Andererseits darf nicht übersehen werden, daß im allgemeinen die Entwässerung ausgefaulten Schlammes leichter von statten geht als die des frischen. Er wird rascher stichfest[3]).

Beim Kohlebreiverfahren ist die Schlammfrage in einigermaßen befriedigender Weise gelöst. Das Kremersche Verfahren hat auf anderem Wege die Verwertungs-

---

[1]) Früher wirkten die großen Mengen gebrauchter Walkerde als Fällungsmittel.

[2]) Vergl. Reichle und Dost. Schlammverwertung durch Vergasung beim Kohlebreiverfahren. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung usw. Heft 8, 1907 S. 167.

[3]) Für das Entwässern des Schlammes hat man neuerdings mit gewissem Erfolg die Methode des Ausschleuderns mittelst Zentrifugen (Frankfurt a. M., Chemnitz) herangezogen bezw. versucht.

möglichkeit des Schlammes erhöht. In beiden Fällen sind auch Geruchsbelästigungen weniger zu befürchten. Inwieweit der Schlamm landwirtschaftlich verwertet werden könnte, entzieht sich der Beurteilung [1]).

Zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen ist es zweckmäßig, das Abwasser möglichst frich zu behandeln (Kremerscher Apparat) oder Geruch absorbierende Mittel zu verwenden (Kohlebreiverfahren). Was das künstliche biologische Verfahren anlangt, so ist bei Anwendung von Tropfkörpern eher eine Geruchsbelästigung zu befürchten als bei Füllkörpern.

In der Schlammfrage bietet demnach der Faulbetrieb einen Vorteil vor den einfachen Klärbeckenanlagen usw., dagegen führt er unter Umständen zu Geruchsbelästigungen. In der Versuchskläranlage in Essen [2]) und in der Abwasserreinigungsanlage der Stadt Recklinghausen (Emschergenossenschaft) hat man daher Becken neuer Bauart benutzt, welche die Nachteile des Absitzverfahrens und Faulverfahrens vermeiden und die Vorteile beider vereinigen sollen. Das abfließende Wasser bleibt hier frisch, während der Schlamm ausfault [3]).

Auch die Frage der Infektionsgefährlichkeit des Abwassers, speziell des Abwassers der Gerbereien, muß mit einigen Worten gestreift werden. Die Möglichkeit, daß gelegentlich mit den Gerbereiabwässern Milzbrandkeime in die Vorflut gelangen und auf diese Weise Infektionen mit dieser Krankheit hervorgerufen worden sind, ist nach dem oben gesagten nicht von der Hand zu weisen. Eine Vernichtung der im Abwasser etwa vorhandenen Milzbrandsporen durch Desinfektion herbeiführen zu wollen, erscheint gleichwohl wegen der damit verknüpften Erhöhung der an sich schon erheblichen Unkosten unausführbar.

Ein Teil der Keime wird in der zentralen Kläranlage zweifellos mit dem ausfallenden Schlamm niedergerissen werden, ein anderer Teil sich frei schwebend im Wasser erhalten. Für den Fall, daß man an die landwirtschaftliche Verwertung des Schlammes denken sollte, ist daher auch sein etwaiger Gehalt an Milzbrandkeimen nicht aus dem Auge zu lassen, denn ein Absterben der Milzbrandsporen im Schlamm ist nicht anzunehmen. Bei Anwendung des Kohlebreiverfahrens würde man die Infektion durch den Schlamm sicher ausschalten können. Als Tränkwasser für Tiere wird das Orlawasser immer verdächtig bleiben. Nur wenn eine Nachbehandlung des mechanisch gereinigten Abwassers mittelst intermittierender Bodenfiltration stattfände, würde auch die Milzbrandfrage praktisch in zufriedenstellender Weise gelöst sein.

Wenn in dem vorliegenden Gutachten eine Reihe von Reinigungsverfahren namhaft gemacht worden sind, so soll damit — dieses möge ausdrücklich besont sein — keineswegs ein Verfahren besonders empfohlen und als das allein richtige hingestellt werden. Ein solches Vorgehen wäre nach Lage der Dinge auch garnicht möglich, denn nur nach Ausarbeitung eines allgemeinen Entwässerungsprojektes von berufener

[1]) Auch das Kompostieren mit Kehricht, oder das Untergraben des Schlammes, wie es in Birmingham geübt worden ist, kommt in Betracht.

[2]) Vergl. oben.

[3]) Ähnliche Versuche hat man in England (Hampton) gemacht. S. Mitteil. der Königlichen Prüfungsanstalt usw. Heft 7.

technischer Seite wird es gelingen, unter Abwiegung aller zu berücksichtigenden Gesichtspunkte (von denen eine Reihe angeführt worden sind) zu einer glücklichen Lösung der schwierigen Fragen zu gelangen, und zwar auch nur nach Anstellung einiger nicht zu kurz zu bemessender Versuche.

Die Voraussetzung für eine befriedigende Lösung ist dann ferner, daß eine Reihe von Maßnahmen getroffen werden, welche zwar voraussichtlich nicht leicht durchzuführen sein werden, ohne welche aber etwas ganzes und ersprießliches nicht wird geleistet werden können. Dahin gehören das Verbot des Weichens der Felle in der Orla, die Schaffung reichlicheren Wassers, im besonderen für die Stadt Pößneck, gegebenenfalls auch die Ablösung von Anrechten auf die Wasserkraft von Orla und Kötschau und die Schaffung von genügendem Gelände für die Kläranlage der Stadt Pößneck. Ohne erhebliche finanzielle Opfer ist daher eine Besserung der Verhältnisse nicht denkbar. Daß eine solche Besserung aber eine berechtigte Forderung darstellt, unterliegt keinem Zweifel.

Bis zur Ausführung der notwendigen Arbeiten würde noch reichlich Zeit vergehen. Deswegen ist es notwendig zu verlangen, daß gewisse Mißstände schon in der Zwischenzeit abgestellt werden. Zu diesen gehört u. a. die Behandlung des Schlammes aus den Einzelkläranlagen. Es erscheint nicht angängig vom hygienischen Standpunkt aus, daß der aus der Kläranlage herausgepumpte Schlamm in unmittelbarer Nähe der Wohnhäuser aufgetürmt wird, wie es die Ortsbesichtigung dieses Jahres ergab. Es muß seitens der Polizei für eine regelmäßige Abfuhr dieser Schlammassen gesorgt werden, auch wäre darauf zu achten, daß der in den Kläranlagen gesammelte Schlamm nicht unbefugter Weise in die Vorflut wieder zurückgelangt. Ferner ist eine regelmäßige gründliche Räumung des Bachbettes von den daselbst abgelagerten Schlammmassen notwendig.

Ob die Erhaltung der Einzelanlagen einen Wert hat, diese Frage wird zweckmäßig erst zur Entscheidung kommen, wenn zentrale Kläranlagen errichtet worden sind.

Schlußsätze zum Gutachten, betreffend die Verunreinigung von Kötschau und Orla.

1. Der Flußlauf der Orla wird teils unmittelbar durch große Mengen von industriellen und auch städtischen Abwässern, teils mittelbar durch die die Stadt Pößneck durchfließende Kötschau erheblich verunreinigt.

2. Seitens der am Unterlauf der Orla gelegenen Ortschaften sind daher schon seit längerer Zeit zahlreiche Klagen laut geworden, welche dazu führten, daß das Gesundheitsamt zuerst im Jahre 1888 und sodann im Jahre 1897 sich gutachtlich über die Verunreinigung von Kötschau und Orla äußerte und Vorschläge zur Abstellung der vorhandenen Mißstände machte. Diese Vorschläge sind indessen unberücksichtigt geblieben. Dagegen haben hauptsächlich auf Drängen der Herzoglich Sächsischen Regierung zu Altenburg, die Herzoglich Sachsen-Meiningensche Regierung und die Großherzoglich-Sächsische Regierung zu Weimar veranlaßt, daß die beiden an der Verunreinigung von Kötschau und Orla besonders beteiligten Städte Pößneck und Neustadt a. d. Orla eine Anzahl von Einrichtungen trafen, welche eine Besserung des Zustandes der Vorflut herbeiführen sollten.

3. Diese Besserung ist aber nicht eingetreten. Auf Antrag der Herzoglich Sächsischen Regierung zu Altenburg ist deshalb im Jahre 1904 eine nochmalige Prüfung der Angelegenheit und zwar durch den Reichs-Gesundheitsrat veranlaßt worden. Diese Prüfung hat sich diesmal auch auf den Oberlauf der Orla erstreckt und folgende Ergebnisse gehabt:

4. Die aus den gewerblichen Anlagen zu Triptis in die Orla gelangenden Verunreinigungen tragen an der Verschmutzung des unteren Orlalaufes keine Schuld. Vielmehr erfolgt die Klärung des durch diese gewerblichen Abwässer verunreinigten Orlawassers in dem in Triptis gelegenen Teich so weit, daß bereits unterhalb Triptis das Orlawasser Zeichen einer Verunreinigung nicht mehr aufweist. Die gewerblichen Anlagen von Triptis und die aus ihnen kommenden Abwässer kommen daher für die weitere Erörterung der Frage der Verunreinigung der Orla nicht in Betracht, solange der bezeichnete Teich bestehen bleibt.

5. Die Schuld an der Verunreinigung von Kötschau und Orla tragen in erster Linie die Abwässer der Tuchfabriken und Gerbereien von Pößneck und Neustadt a. d. Orla, in zweiter Linie die häuslichen Abwässer der genannten Städte.

6. Die seitens der Anlieger der Orla vorgebrachten Klagen sind größtenteils als berechtigt anzuerkennen. Es ist dringend erforderlich, daß die Mißstände, welche zu diesen Klagen Anlaß gegeben haben, beseitigt werden.

7. Die Verunreinigungen, welche der Saale durch die an ihr liegenden gewerblichen Anlagen bei Schwarza und in Rudolstadt, sowie durch die städtischen Entwässerungsanlagen in Rudolstadt zugeführt werden, verschwinden in diesem Flußlauf bis zur Einmündung der Orla in die Saale in einem solchen Maße, daß von einer Verschmutzung der Saale in ihrem unteren Laufe durch jene Abwässer nicht mehr die Rede sein kann. Soweit in der Saale unterhalb der Einmündung der Orla Mißstände sich herausgestellt haben, tragen hieran die Verunreinigungen der Orla allein Schuld.

8. Die behördlicherseits den Besitzern der gewerblichen Anlagen in Pößneck und Neustadt aufgegebene Reinigung der Industrieabwässer vor ihrer Einleitung in die Flußläufe hat sich nicht als ausreichend erwiesen, um die vorhandenen Mißstände nennenswert zu verringern. Um einen erträglichen Zustand herbeizuführen, ist es sowohl in Pößneck wie in Neustadt a. d. Orla notwendig, die Abwässer zusammenzufassen und gemeinsam in geschlossenen Kanälen nach unterhalb der Städte anzulegenden Kläranlagen abzuleiten.

9. Da nicht vorauszusehen ist, wie die Abwässer nach ihrer Vermischung sich gegenseitig beeinflussen werden, so ist nach einem von einem berufenen Sachverständigen aufzustellenden Plane zunächst je eine Versuchsanlage für die Reinigung der Abwässer jeder der beiden Städte einzurichten.

Falls die sofortige Ausführung der nach Ziffer 8 und 9 vorgeschlagenen Anlagen in ihrer Gesamtausdehnung auf Schwierigkeiten stößt, kann im Rahmen des Gesamtplanes eine schrittweise Ausführung zugestanden werden, jedoch so, daß die Klär- und Reinigungsanlagen jeweils der Menge und Zusammensetzung der zu behandelnden Abwässer angepaßt

sein müssen. Unter allen Umständen bedarf der Betrieb der Kläranlagen einer fortlaufenden sachverständigen Überwachung.

10. Das Abwasser in beiden Städten muß so weit gereinigt werden, daß die Mischung von Abwasser und Wasser der Vorflut, selbst bei größter Schmutzwassermenge, gleichzeitigem Niederwasserstand und Sommertemperatur, weder unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff fault, noch Stoffe (Schlamm) mitbringt oder ausscheidet, welche sich in fauliger Zersetzung befinden oder im Flusse in faulige Zersetzung übergehen können.

11. In vorstehendem Gutachten ist auf einige für die Erledigung dieser Frage etwa in Betracht kommende Reinigungsverfahren hingewiesen. Ob eine mechanische Reinigung der Abwässer zur Erreichung des angegebenen Zieles genügen wird, muß durch Versuche festgestellt werden. Erforderlichenfalls müssen die Abwässer, nach geschehener mechanischer Vorreinigung, einer weiteren Reinigung unterzogen werden. Die schließliche Wahl der Reinigungsart muß aber fachtechnischer Entscheidung auf Grund des Ausfalles der Versuche überlassen bleiben.

12. Es ist wahrscheinlich, daß das Wasser der Orla gelegentlich das Auftreten von Milzbrandfällen verschuldet hat. Derartige Vorgänge werden sich auch in Zukunft nicht sicher vermeiden lassen, falls nicht eine weitgehende Reinigung der Abwässer durch Bodenfiltration stattfindet. Dadurch würde voraussichtlich das Orlawasser für Tränkzwecke wieder brauchbar gemacht werden.

13. Unabhängig von der Durchführung der Reinigungsmaßnahmen gemäß den vorstehenden Vorschlägen müssen schon jetzt alle sonstigen Maßnahmen getroffen werden, welche zur Beseitigung der vorhandenen Mißstände beitragen können. Als solche kommen vornehmlich in Betracht: Verbot des Weichens der Felle in der Orla und Kötschau, sorgfältiger Betrieb und genaue Beaufsichtigung der bereits vorhandenen Einzelkläranlagen, periodische nach einem unter den beteiligten Regierungen vereinbarten Plane auszuführende Räumungen des Flußbettes.

Tabelle A.

Ergebnisse der Wasseruntersuchungen im Jahre 1904.

1 Liter Wasser enthält:

	Entnahmestelle	Datum der Probe-entnahme	Abdampfrückstand mg	Glühverlust mg	Sauerstoffgehalt mg	NH_3	Cl' mg	NO_2'	NO_3'	H_2S	Oxydierbarkeit 1 l verbraucht mg 0	Temperatur des Wassers °
	Orla.											
1	Zwischen Molbitz und Neustadt (Kolesch) . . .	9. 9. 04	345	110	6,7	0	15	0	0	0	4,2	12,7
2	in Neustadt, Orla . . .	9. 9. 04	510	120	0,0	+		0	0	0	93,5	
3	in Neustadt, Mühlgraben	9. 9. 04	365	90	4,2	+		0	0	0	28,1	13,5
4	Orla und Mühlgraben vereinigt (Ehrlichsmühle) .	9. 9. 04	490	110	1,2	+		0	0	0	32,4	14
5	in Neunhofen	8. 9. 04			1,4	+		0	0	0	20,6	
6 a	in Kolba	8. 9. 04	370	85	1,9	+	17	0	0	0	17,6	14
b			358	98	0,9	+	18	0	0	0	25,7	
7	in Rehmen									0		
8	vor der Vereinigung mit der Kötschau	3. 9. 04			3,5					0	12,8	
	Kötschau.											
9	in Oepitz, oberhalb Pößneck	5. 9. 04			6,0	0		Spur	0	0	2,2	
10	in Oepitz, b. Gipsfabrik, Schlettweiner Bach . .	5. 9. 04			7,0						4,5	
11	in Pößneck, Eintritt in die Stadt	5. 9. 04			5,6						5,4	14,5
12 a	in Pößneck, Gasanstalt .	5. 9. 04 V.			0,7						16,5	13,6
b		N.			0,7						34,6	
	Orla.											
13	Orla und Kötschau vereinigt (Köstitzer Brücke)	3. 9. 04	695	470	0,2	+	18	0	0	Spuren		19
14	in Klein-Dembach . . .	3. 9. 04	670	155		+	35	0	0	+		
15	in Freienorla, oberhalb der Mühle	3. 9. 04	450	110	4,8					+		
16	150 m oberhalb der Einmündung in die Saale . .	3. 9. 04	490	170	1,5	+		0	0	0		15,5
	Saale.											
17 a	in Rudolstadt, Elisabethbrücke	7. 9. 04	390	120	4,2	Spur		0	0	0	46,1	
17 b	in Unterhasel	7. 9. 04	385	115	3,0	Spur						
18 a	in Schwarza, Viadukt	7. 9. 04	370	110	8,8	Spur		Spur	0	0	22,1	
b	in Schwarza, Zellulosefabrik	l.	410	130	2,1	Spur		0	0	0	126	
		r.	415	112	0,7	Spur		0	0	0	111	
19 a	in Orlamünde, Saalebrücke	2. 9. 04	494	185	5,2		48					16,9
b		3 9. 04	396	163	4,6	+	48	0	0	0	54,8	
20 a	in Klein-Eutersdorf . . .		448	184	3,6	+	17	0	0	0	55,3	18,5
b	in Groß Eutersdorf . . .	3. 9. 04	434	172	3,7	+	16	0	0	0	56,5	18,5

Untersuchungsstelle: Kaiserliches Gesundheitsamt und Technische Prüfungsstelle des Reichsschatzamtes.

Tabelle B.

Ergebnisse der Wasseruntersuchungen im Jahre 1907.

1 Liter Wasser enthält:

	Entnahmestelle	Datum der Probe-entnahme	Ab-dampf-rück-stand mg	Glüh-verlust mg	Chlor mg	Oxydier-barkeit 1 l ver-braucht mg O
	Orla.					
1	Zwischen Molbitz und Neustadt (Kolesch)	8. 2. 07	370	89	16	1,0
2	Orla und Mühlgraben vereinigt (Ehrlichsmühle)	8. 2. 07	600	229	26	39
3	in Kolba	8. 2. 07	358	98	18	1,8
4	in Rehmen	8. 2. 07	401	117	17	3,8
	Kötschau.					
5	Vor der Vereinigung mit der Orla, Köstitz	7. 2. 07	670	455		60,4
	Orla.					
6	in Klein-Dembach	7. 2. 07	656	140	31	14,8
7	in Langenorla	7. 2. 07	516	110	22	5,0
8	in Freienorla, oberhalb der Mühle	7. 2. 07	445	100	20	5,8
9	in Freienorla, unterhalb der Mühle	7. 2 07	441	114	20	5,7

Untersuchungsstelle: Kaiserliches Gesundheitsamt.

Tabelle C.

Abwässer Pößneck. Probeentnahme am 7. Februar 1907.

1 Liter Wasser enthält:

	Entnahmestelle	Aussehen	Geruch	Reaktion	Trockenrückstand bei 110°, 1 l enthält in mg	Glühverlust 1 l enthält in mg	Asche 1 l enthält in mg	Chlor 1 l enthält in mg	Schwefelwasserstoff-entwickelung nach viertägigem Stehen bei 37°	Suspendierte Stoffe 1 l enthält in mg
1	Wollwarenfabrik von C. G. Bernhardt vor der Reinigung	bläulich trübe, setzt gut und reichlich ab	schwach	neutral	1018	184	834	4		
2	desgleichen, nach der Reinigung	trübe, weniger Bodensatz	geruchlos	desgl.	1067	203	864	37		
3	Lederfabrik von Diesel & Weise, vor der Reinigung	stark trübe, Gewebefetzen, Haare	stinkt nach Schwefelwasserstoff	alkalisch	6551	4009	2542	384	stark	3644
4	desgleichen, nach der Reinigung	stark trübe, setzt ab, ohne daß Klärung erfolgt	desgleichen	alkalisch	4249	751	3498	1120	stark	458

Anmerkung zu 1 und 2: Das Wasser kam in gefrorenem Zustand an; Inhalt der Flaschen zum Teil ausgelaufen.

Schlammprobe, entnommen bei Klein-Dembach.

Der Schlamm wurde erfolglos auf Arsen und Chrom untersucht.

Anlage D.

Ergebnisse der Schlammprobenuntersuchungen aus dem Jahre 1904.

100 g Schlamm enthält:

Nummer der Tabelle A	Entnahmestelle	Asche g	Arsen	Chrom	Fett g
	Orla.				
1	Zwischen Molbitz und Neustadt (Kolesch)	88	0	0	0
4	Orla und Mühlgraben vereinigt (Ehrlichsmühle)	83	vorhanden	vorhanden	1
6a	in Kolba	80,6	0	0	1
6b	in Kolba	77	0	in Spuren	1,6
7	in Rehmen	77	vorhanden	vorhanden	1
	Kötschan.				
9	in Oepitz, oberhalb Pößneck . .	85,7	0	0	0
12	in Pößneck, Gasanstalt	86,5	vorhanden	vorhanden	1,5
	Orla.				
13	Orla nnd Kötschau vereinigt (Köstitzer Brücke)	96	vorhanden	vorhanden	in Spuren
16	150 m oberhalb der Einmündung in die Saale	74,5	0	vorhanden	5 (in der Trockensubstanz)
	Saale.				
17b	in Unterhasel	81	vorhanden	vorhanden	1

Untersuchungstelle: Technische Prüfungsstelle des Reichsschatzamtes.

Gutachten des Reichs-Gesundheitsrates über die Ableitung cyanhaltiger Abwässer der Zuckerraffinerie zu Dessau in die Elbe.

Berichterstatter: Geheimer Medizinalrat Professor **Dr. Rubner,** Berlin,
Mitberichterstatter: Geheimer Oberregierungsrat Professor **Dr. von Buchka,** Berlin.

Der Reichs-Gesundheitsrat (Unterausschuß für Beseitigung der Abfallstoffe usw.) hat in der Sitzung vom 30. Juli 1907 das über die vorliegende Angelegenheit zu erstattende Gutachten beraten, das im Entwurf vorgelegen hat. An dieser Sitzung nahmen Teil die nachbezeichneten Mitglieder des Reichs-Gesundheitsrats: Dr. Bumm, Präsident des Kaiserlichen Gesundheitsamts, als Vorsitzender; Dr. Barnick, Frankfurt a. O.; Dr. Beckurts, Braunschweig; Dr. von Buchka, Berlin; Dr. Gärtner, Jena; Dr. Greiff, Karlsruhe i. B.; Dr. Köhler, Exz., Göttingen; Dr. Löffler, Greifswald; Dr. A. Orth, Berlin; Dr. Renk, Dresden; Dr. Rubner, Berlin; Dr. Schmidtmann, Nicolassee; Freiherr von Stein, Berlin; Dr. Ing. Sympher, Berlin; Dr. Tjaden, Bremen.

Ferner: Dr. Hofer, München; vom Kaiserlichen Gesundheitsamte Dr. Schmidt, Dr. Spitta, Dr. Müller, Dr. Pleissner, Dr. Pfyl.

Das Gutachten wurde den Beschlüssen entsprechend, in der nachstehenden Fassung abgegeben.

I. Einleitung.

In den letzten Wochen des Juni 1903 hatte sich in der Elbe bei Dessau ein plötzliches Sterben von Fischen gezeigt, welches von den Fischereiberechtigten als Anlaß genommen wurde, eine Beschwerde wegen Flußverunreinigung durch die Abwässer der Zuckerraffinerie Dessau zu erheben.

Die Ergebnisse der Prüfung dieser Klagen haben im weiteren Verlaufe, namentlich wegen des tatsächlichen Vorkommens von Cyanverbindungen in den Abwässern der Zuckerraffinerie, das Herzoglich Anhaltische Ministerium zu Dessau veranlaßt, eine Prüfung der Frage, welcher Reinheitsgrad an derartige Fabrikabwässer zu stellen sei, seitens des Reichs-Gesundheitsrats unter dem 9. Juli 1904 durch Vermittelung des Herrn Reichskanzlers zu erbitten.

Von dem Vorsitzenden des Reichs-Gesundheitsrats wurden am 3. August 1904 mit der Erstattung des Gutachtens beauftragt, als Berichterstatter das Mitglied des Reichs-Gesundheitsrats Geheimer Medizinalrat Professor Dr. Rubner, und als Mitberichterstatter das Mitglied des Reichs-Gesundheitsrats Geheimer Regierungsrat Professor Dr. König. Nachdem letzterer unter dem 3. Februar 1905 um Entbindung von der

Mitberichterstattung gebeten hatte, trat an seine Stelle das Mitglied des Reichs-Gesundheitsrats Geheimer Oberregierungsrat Professor Dr. von Buchka.

Am 8. März 1905 wurde seitens der Berichterstatter die Dessauer Zuckerraffinerie einer genauen Besichtigung unterzogen.

II. Geschichtlicher Überblick.

Die Vorgänge, die zur Klage geführt haben, sind ihrer Entwickelung nach aktenmäßig folgende:

Die Dessauer Zuckerraffinerie besteht seit dem Jahre 1871 und hat früher ausschließlich nur die Raffinerie nach dem Strontianverfahren betrieben; nebenbei wurde die Melasseschlempe durch Glühen in offenen Öfen verkohlt und in Schlempekohle verwandelt.

Eine Änderung der Produktion trat mit dem Jahre 1895 ein, indem von dieser Zeit ab die Verarbeitung der Melasseschlempe auf Cyanverbindungen eingeführt wurde. Anlaß hierzu gab die Publikation eines „Verfahrens zur Gewinnung von Cyanprodukten aus Gasen der Trockendestillation" — D. R. P. Nr. 112459, Klasse 26d — durch den in der Deutschen Continental-Gasgesellschaft zu Dessau damals angestellten Chemiker Dr. Bueb [1]).

Die Genehmigung zur Einrichtung einer chemischen Fabrik zur Verarbeitung von Melasseschlempe in geschlossenen Retorten unter Darstellung von Ferrocyan- und Ammoniumverbindungen wurde am 7. März 1896 von der Polizeiverwaltung erteilt, nachdem schon am 17. August 1895 eine Erlaubnis zur Anlage der Fabrik gegeben worden war; dabei hatten die Behörden folgende wichtige Bedingungen vorgeschrieben.

pp. 3. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß der Betrieb der Anlage so geführt wird, daß übelriechende Gase aus den Öfen, den sonstigen Apparaten und Leitungen, sowie dem Schornstein nicht entweichen können, und sind Einrichtungen zur jederzeitigen Kontrolle des in den Gasleitungen herrschenden Unterdrucks vorzusehen.

4. Es sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, um das Auftreten bezw. Entweichen von übelriechenden Gasen und Dämpfen beim Ausziehen der Schlempekohle aus den Retorten, sowie beim Eindampfen der von dem Ferrocyanschlamm abgeschleuderten Flüssigkeit vollständig zu verhindern.

6. Die Abwässer dürfen nur nach vorheriger gründlicher Reinigung und frei von allen schädlichen Teilen abgeführt werden.

8. Sollten während und infolge des Betriebes nachteilige Einwirkungen für die Arbeiter oder die Umgebung der Anlage entstehen, so hat die Unternehmerin auf Anordnung der Polizeibehörde auf eigene Kosten diejenigen Einrichtungen zu treffen, welche zur Abstellung der Belästigungen und Benachteiligungen geeignet und erforderlich sind.

Diese Betriebsweise hat späterhin mehrfache Abänderungen erfahren, seitdem die Darstellung von Cyannatrium einen lohnenden Erfolg versprach.

---

[1]) Vergl. auch die D. R. P. 86913, 87725, 160637 und 162419. Eine Beschreibung dieses Verfahrens hat H. Ost in dem Aufsatz „Die Verwertung der Zuckerrübenschlempe nach dem Dessauer Verfahren" in der Zeitschrift für angewandte Chemie, 1906, 609 ff. veröffentlicht.

Behufs weiterer Ausbildung dieser Fabrikationsweise richtete die Fabrik am 5. Mai 1902 ein Gesuch um Ausdehnung ihrer Schlempevergasungsanlage an die vorgesetzte Behörde. Auf dieses Gesuch hin wurde unter dem 14. Juni 1902 die Konzession erteilt. Von den dabei gestellten Bedingungen bieten die nachstehenden besonderes Interesse:

> 5. Die von den Abtreibekolonnen herrührenden Abwässer dürfen nur nach vorheriger Reinigung in größeren Sammelgruben mittelst Eisenvitriol und vollkommen frei von schädlichen Bestandteilen (Cyanverbindungen) abgeleitet werden. Die Firma verpflichtet sich, etwaige im Auftrage der Polizeiverwaltung oder des Gewerbeinspektors auszuführende Abwässer-Probeentnahmen jederzeit zu gestatten und die Kosten für chemische Untersuchung derselben zu tragen.
>
> 15. Die Polizeiverwaltung behält sich vor, die Bedingungen, unter welchen diese Genehmigung erteilt ist, abzuändern und zu ergänzen, falls sich ein Bedürfnis hierzu ergeben sollte.

Die Stadt Dessau ist kanalisiert, und die Fabrik schickt alle Abwässer in das städtische Siel, das an dem Grundstück der Fabrik vorüberführt. Das Siel führt direkt nach der Elbe bezw. bei Hochwasser an die Pumpstation beim Kornhaus, von wo das Wasser über die Deichkrone gehoben wird.

In dasselbe Hauptkanalrohr, in welches die Abwässer der Raffinerie eingeleitet werden, leiten noch die folgenden Betriebe ihre Abwässer ein:

> Eine Dachpappenfabrik, die Anhalter Tapetenfabrik, die Gasanstalt, eine Strohpapierfabrik (mit kalkhaltigen Abwässern), die Brauerei „Feldschlößchen“ und die „Schultheißbrauerei“.

Alle diese Fabriken liegen unterhalb der Raffinerie.

Außerdem geht ein Teil der städtischen Abwässer in denselben Kanal. Die an den Kanal angeschlossenen Häuser haben zum Teil Wasserklosetts mit Überlaufgruben. Aus diesen Gruben sollen jährlich die festen Fäkalien ausgeräumt werden, so daß nur der flüssige Inhalt der Gruben in die Kanalisation gelangt. Jedoch ist es nicht ausgeschlossen, daß gelegentlich auch feste Fäkalien in das Kanalnetz hineingelangen.

Am 7. Juli 1903 reichten nun die Angler Oestert in Ziebigk und Heinrich in Dessau eine Beschwerde darüber ein, daß aus dem städtischen Kanal am Kornhaus an der Elbe derartig schlechtes Wasser oder Giftwasser gekommen sei, daß dadurch viele Fische und Fischbrut unterhalb der Kanalmündung am Ausladeplatz der Ziebigker Hutung und im „kranken Mann“ umgekommen seien. Gleichfalls am 7. Juli 1903 wurden seitens der Fischereiberechtigten auf der Elbe Klagen darüber laut, daß an der Einmündung des städtischen Kanals in die Elbe am Kornhaus wiederholt Fische in großen Mengen abgestorben seien.

Es heißt in dem Bericht der Fischereiberechtigten:

„In den letzten Wochen haben bei dem niedrigen Wasserstande der Elbe die Verheerungen, welche durch den Ausfluß giftiger Stoffe hervorgerufen werden, einen derartigen Umfang angenommen, daß Fische aller Art und jeder Größe, ja bis zu 10 Pfund, zu tausenden tot auf der Elbe schwimmen und zum Teil an den blauen Bergen durch Dampfer auf die Sandheger geworfen werden“. Besonders stark sei das

Absterben der Fische Montags und Mittwochs zu beobachten. Vermutlich rührten die giftigen Abwässer, welche die Ursache davon wären, von der Zuckerraffinerie her.

Desgleichen äußert sich der Angelklub Dessau unter dem 7. Juli 1903:

„Es sind gestern mindestens ein Zentner toter Aale sowie weiter tausende anderer toter Fische als Aländer, Bleie, Zärten, Barmen, Zander bis zum Gewicht von 5 Pfund an der Wasseroberfläche wahrgenommen worden. Einige von diesen Fischen sind von den Fischern Pflug und Spekler und von verschiedenen Anglern aufgefischt worden; wie wir auch in Erfahrung gebracht haben, sind tote Fische der Herzoglichen Regierung bereits durch die genannten Fischer vorgelegt worden zwecks Feststellung der Todesursache. Vermutlich rührt dieses Fischsterben von einer Vergiftung des Elbwassers durch chemische Stoffe her, welche der Elbkanal mit sich führt“.

Ferner wurden am 13., 15. und 26. Juli 1903, sowie am 17. August 1903 (7 Uhr früh) wiederum große Fischsterben an derselben Stelle wie früher beobachtet. Übrigens hatte die Herzogliche Wasserbauverwaltung unter dem 8. Juli 1903 die in den Beschwerden vom 7. Juli 1903 hervorgehobenen Tatsachen bestätigt.

Um die Ursachen dieses Fischsterbens näher klar zu legen, sind seitens der Behörde Untersuchungen von Abwässerproben veranlaßt worden. Die Probeentnahme geschah durch zuverlässige Personen an ganz verschiedenen Tagen und zu verschiedenen Zeiten, teils an dem Sammelschacht der Zuckerraffinerie, d. h. einem gemauerten nach oben offenen, mittelst einer Treppe bequem zugänglichen Schacht auf dem Fabrikgrundstück [1]), wo das Gesamtabwasser der Fabrik sich nach dem Siel ergießt, teils an einem Einsteigeschacht der Kanalisation in dem Dorfe Ziebigk, teils im Elbkanal (Elbsiel) am Kornhaus, d. h. in der Nähe der Mündung des Siels in die Elbe selbst.

Die Analysen erstreckten sich auf den Nachweis der Blausäure in giftiger und ungiftiger Form. Unter ersterer wurden im wesentlichen der freie Cyanwasserstoff und seine einfachen Salze, unter letzterer die Verbindungen der Ferro- und Ferricyanwasserstoffsäure verstanden.

Über die Art der Analyse ist in den Akten nichts enthalten, jedoch haben die Referenten Gelegenheit genommen, sich über die bei der Untersuchung des Wassers angewandten Verfahren bei den Persönlichkeiten, denen die Überwachung sowohl von seiten der Fabrik als von seiten der Behörden obliegt, näher zu unterrichten.

Die Bestimmung der Blausäure in giftiger Form in den Abwässern und ihre Trennung von den Eisencyanverbindungen geschieht in der dem gleichen Fabrikverband angehörigen „Ammonia“ zu Hildesheim dadurch, daß diese Wässer bei 70° unter vermindertem Druck mit Natriumbikarbonat destilliert werden. Weinsäure oder eine andere Säure darf hierzu nicht genommen werden, weil diese auch die Eisencyanverbindungen zerlegen würden.

Die bei der Destillation mit Natriumbikarbonat gewonnene Blausäure wird in einer mit einer wässerigen Alkalilösung gefüllten Vorlage aufgefangen, die erhaltene Lösung mit einer Eisenvitriollösung, darauf mit Salzsäure und mit Eisenchlorid versetzt und

[1]) Dieser Kontrollschacht besteht seit Erbauung der Dessauer Kanalisation.

ein etwa entstehender Niederschlag von Berlinerblau abfiltriert. Nach dem in der Dessauer Raffinerie üblichen Verfahren wird dieser Berlinerblau - Niederschlag durch Glühen zerlegt, das hinterbliebene Eisenoxyd gewogen, und hieraus ein Schluß auf die Menge der vorhandenen Blausäure gezogen. Bei jeder Bestimmung der Blausäure neben den Eisencyanverbindungen soll aber eine gewisse Vorsicht geboten sein, weil Ferrocyankalium sich leicht beim Filtrieren über Sand (zur Klärung der Abwässer vorgenommen) zu Ferricyankalium oxydiert und dieses leichter zerlegt wird als das Ferrocyankalium. Außerdem dürfe die Temperatur bei der Destillation nicht über 70° steigen. Bei 100° soll das Natriumbikarbonat auch schon eine teilweise Zersetzung der Eisencyanverbindungen bewirken. Bei der Bestimmung der Blausäure in giftiger Form in den Abwässern verfahren die Dessauer Chemiker im allgemeinen ebenso, wie die in der Fabrik Ammonia. Nur wird die Destillation hier bei 100° vorgenommen und eine Stunde destilliert. Das Verhältnis des durch Glühen des gewonnenen Berlinerblaus erhaltenen Eisenoxyds zur Blausäure ist auf Grund zahlreicher Versuche von Professor Dr. Heyer in Dessau ermittelt worden, der dieses Verfahren ausgearbeitet hat. Professor Dr. Heyer, mit dem hierüber mündlich gesprochen wurde, erklärte, daß auf diese Weise noch Mengen von 0,5 mg Blausäure auch neben Eisencyanverbindungen mit Sicherheit nachgewiesen werden könnten. Gleichwohl erscheint dieses Verfahren der Bestimmung der Blausäure noch sehr der Nachprüfung bedürftig. Diese Nachprüfung hat teilweise im Hygienischen Institut der Königl. Universität Berlin unter Leitung des Berichterstatters, teilweise im chemischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamts unter Leitung des Direktors der chemisch-hygienischen Abteilung, Geheimen Regierungsrats Dr. Kerp, stattgefunden und wird später noch Gegenstand der Erörterung sein.

Durch die ersten, am 8. Juli 1903 beginnenden Untersuchungen des Professor Dr. Heyer wurden in den Abwässern häufig sehr beträchtliche Mengen an giftigen und ungiftigen Cyanverbindungen festgestellt. So fand er am 11. Juli 1903 in einer aus dem Einsteigeschacht bei Ziebigk entnommenen Probe 83,1 mg giftige Blausäure im Liter, in einer zweiten etwa drei Stunden später entnommenen Probe 39,1 mg giftige Blausäure, am 26. Juli 1903 in einer Probe am Auslauf des Elbkanals 81 mg giftige und 227 mg ungiftige Blausäure (kurz vorher war wieder ein großes Fischsterben bemerkt worden s. o.), am 30. Juli 1903 in einer Probe aus einem Revisionsschacht der Raffinerie 12,5 giftige und 85 mg ungiftige Blausäure, am 26. August 1903 in einer Probe aus dem Elbkanal am Kornhaus 46,1 mg giftige und 37,5 mg ungiftige Blausäure. Dazwischen fanden sich teils geringe Mengen an Cyanverbindungen, teils wurden überhaupt keine gefunden.

Die Untersuchungen wurden nunmehr regelmäßig 4 mal im Monat zu wechselnden Zeiten vorgenommen (vom Juni 1904 an 8 mal monatlich) mit dem Ergebnis, daß zwar von Zeit zu Zeit Cyan in giftiger und ungiftiger Form gefunden wurde, die gefundenen Mengen indessen meist nur unbeträchtlich (wenige mg, oder Bruchteile eines mg) waren.

Die folgende Tabelle enthält einige nähere Angaben.

Die Maximalzahlen waren	an giftigen Cyanverbindungen mg im Liter	an ungiftigen Cyanverbindungen mg im Liter	Von 100 Proben waren ungiftig %
zwischen 26. August bis 9. Oktober 1903	4,32	7,20	70
„ 14. November bis 30. Dezember 1903 . . .	10,22	11,52	62
„ 18. Januar bis 28. Februar 1904	2,88	13,68	75
„ 2. März bis 30. April 1904	4,60	6,05	62
„ 1. Mai bis 25. Mai 1904	0	6,04	100
„ 3. Juni bis 29. Juni 1904	4,46	8,20	75
„ 4. Juli bis 29. Juli 1904	2,73	4,03	62
„ 4. August bis 26. August 1904	1,74	5,18	75
„ 6. Oktober bis 30. Oktober 1904	0	0	100
„ 3. November bis 28. November 1904 . . .	0	1,7	100
„ 3. Dezember bis 29. Dezember 1904 . . .	0	0	100
„ 5. Januar bis 30. Januar 1905	0	0,72	100
„ 4. Februar bis 27. Februar 1905	0	0,72	100
usw.			

Die Tatsache, daß zeitweise mehr oder minder beträchtliche Mengen von Cyanverbindungen dem Kanal und dadurch der Elbe zuströmten, war damit erwiesen und wurde auch seitens der Fabrik garnicht in Abrede gestellt; die letztere bemühte sich vielmehr, durch eigene ständige Überwachung der Abwässer die Fabrikations- und Betriebsweise so zu regeln, daß Cyanverbindungen auch in kleinsten Mengen nicht entweichen sollten. In einem Schreiben der Dessauer Zuckerraffinerie vom 27. Juni 1904 an die Polizeiverwaltung in Dessau heißt es: „Nachdem Herr Professor Dr. Heyer in allen Juniwasserproben bis zum 19. keine Spur giftiges Cyan gefunden hatte, fand derselbe — wie er uns in letzter Woche telephonisch mitteilte — in dieser Sonntagsprobe wiederum etwas giftiges Cyan neben ungiftigem [1]) . . . .“ „Wenngleich diese winzigen Mengen giftigen Cyans unsere Abwässer sicherlich nicht zu schädlichen im Sinne unserer Konzession machen, so ist unser ernstes Bestreben selbstverständlich doch darauf gerichtet, die letzten Spuren von giftigem Cyan aus unseren Abwässern zu entfernen. Zu diesem Behufe werden wir unseren Cyanbetrieb nochmals in folgender Weise abändern. Nachdem in der neuen Cyanfabrik der chemischen Fabrik Ammonia in Hildesheim die Oberflächenkondensation der Cyanverdampfer etwa 14 Tage lang zu voller Zufriedenheit gearbeitet hat, wollen wir auch hier für diese Verdampfer den Einspritzkondensator ausschalten und dafür Oberflächenkondensation einrichten. Das Kondensat desselben soll mit allen anderen Kondensaten in die Abtreibegefäße gebracht und hier in die Überhitzer abgetrieben werden. Das zurückbleibende Abwasser soll nicht wie bisher — nach Behandlung mit Kalk und Eisensulfat — in die vor einigen Wochen angelegte Grube abfließen, sondern abwechselnd in eine von zwei neuanzulegenden großen Gruben, die weder Ablauf noch Überlauf haben. In diesen Gruben soll Natronlauge und Eisensulfat im Überschuß zugesetzt, und die ganze Lösung gerührt und so lange stehen gelassen werden, bis die letzten nachweisbaren

[1]) 0,33 mg giftiges und 1,34 mg ungiftiges Cyan.

Spuren von giftigem Cyan umgesetzt sind. Der gesamte Inhalt der Gruben soll dann mittels einer Schlammpumpe durch Filterpressen gedrückt, und hierin sollen alle niedergeschlagenen Schlammteilchen zurückgehalten werden. Der Schlamm geht zur Weiterverarbeitung nach unserer Chemischen Fabrik in Taucha bei Leipzig und das Abwasser in die jetzt vorhandene Grube und fließt, nachdem es hier die Kiesfilter passiert hat, in den allgemeinen Abwässerkanal ab" . . . .

Diese Einrichtungen sind, wie die Ortsbesichtigungen ergaben (s. u.), inzwischen eingeführt worden. Die Reinigung der Abwässer wird in der Weise vorgenommen, daß, wenn eine der genannten 55 cbm fassenden Gruben mit Abwasser gefüllt ist, ihr Inhalt zunächst auf den Blausäuregehalt analysiert wird. Danach wird eine der gefundenen Menge Blausäure äquivalente Menge Natronlauge und darauf soviel Eisenvitriol zugesetzt, daß das Filtrat unter allen Umständen eisenhaltig ist. Zur möglichst vollständigen Abscheidung des Blauschlammes wird die Mischung zum Schluß mit Schwefelsäure schwach angesäuert. Unmittelbar nach dem Zusatz des Eisenvitriols und der Schwefelsäure unter gutem Durchrühren durch Lufteinblasen soll in dem Filtrat vom abgeschiedenen Blauschlamm keine Spur von Cyan mehr nachzuweisen sein.

Die neuen Gruben wurden am 23. Juli 1904 in Benutzung genommen. Seitens der Fabrikchemiker werden Tag und Nacht zweistündlich [1]) vom Ablauf der Filterpressen bezw. des Kiesfilters Abwasserproben entnommen und qualitativ auf die Anwesenheit von Cyan im Cyanlaboratorium geprüft.

Der Oberflächenkondensator der Cyanverdampfer ist etwa seit Ende Juli 1904 in Betrieb, der Oberflächenkondensator der Ammoniumsulfatstation (die Ammoniumsulfatlaugen enthalten meist eine geringe Menge Blausäure) wurde etwas später in Betrieb genommen, soweit sich aus den Akten ersehen läßt, etwa im September 1904; denn in dem Bericht des Professors Dr. Heyer an die Polizeiverwaltung Dessau vom 2. November 1904 heißt es: „Für September 1904 war — vermutlich weil in diesem Monate die Cyanstation der Raffinerie wegen Umbau außer Betrieb war — kein Auftrag zur Entnahme und Untersuchung von Abwasserproben erteilt worden".

Während nun trotz Inbetriebnahme der neuen Gruben am 23. Juli 1904 noch zweimal, nämlich am 19. August 1904 1,74 mg und am 21. August 1904 1,15 mg giftiges Cyan durch Professor Dr. Heyer in den Abwässern der Zuckerraffinerie gefunden wurde, ist seit dem Umbau der Cyanstation im September 1904 bis jetzt [2]) von den Dessauer Chemikern niemals mehr Cyan in giftiger Form in den Abwässern gefunden worden. Die Anzahl der Untersuchungen des Abwassers durch Professor Dr. Heyer wurde dann auch bereits vom September 1905 ab auf 4 im Monat beschränkt.

Für die Herzogliche Regierung war bereits in der ersten Hälfte des Jahres 1904 die Frage von Interesse geworden, ob die sogenannten ungiftigen Cyanbestandteile des Abwassers ebenso zu bewerten seien wie die giftigen oder nicht. Als Gutachter über diese Frage wurde zunächst der Direktor der Landwirtschaftlichen Versuchsstation in Bernburg, sodann auch Professor Dr. Heyer selbst von der Polizeiverwaltung in Dessau

[1]) Nach neueren Angaben dreistündlich.

[2]) Den Berichterstattern liegen die Befunde vor bis zum Dezember 1906.

vorgeschlagen (7. 6. 1904). Seitens der Anhaltischen Regierung wurde indessen das Kaiserliche Gesundheitsamt unter dem 1. Juni 1904 um Erstattung eines Obergutachtens gebeten. In dem Schreiben des Herzoglich Anhaltischen Staatsministeriums vom 1. Juli 1904 an den Herrn Reichskanzler heißt es: „Die Dessauer Zuckerraffinerie G. m. b. H. hat in ihren Abwässern wiederholt Cyanverbindungen der städtischen Kanalisation und durch diese der Elbe zugeführt. Um diesem Verhalten der Raffinerie gegenüber, welche konzessionsgemäß ihre Abwässer frei von schädlichen Bestandteilen zu halten hat, die sanitätspolizeilichen und Fischereiinteressen genügend wahren zu können, bedürfen wir eines autoritativen Gutachtens darüber,

1. ob jeder, wenn auch noch so geringe Gehalt von Cyan oder dessen Verbindungen in den Abwässern, welche in die städtische Kanalisation und von da in die Elbe geleitet werden, im allgemein gesundheitlichen wie im Fischereiinteresse als unzulässig betrachtet werden muß, bezw. die Abwässer zu schädlichen im Sinne der üblichen Konzessionsbedingungen macht;

2. ob ein ausnahmsweiser Gehalt an Cyan in Form von Cyan-Wasserstoff und Alkalicyaniden in sehr geringen Mengen, und zwar in welchen, gestattet werden kann unter der Voraussetzung einer ständigen chemischen Überwachung der Abwässer;

3. ob auch die Cyan-Doppel-Verbindungen, insbesondere die Eisencyanverbindungen (gelbes und rotes Blutlaugensalz, Berlinerblau usw.) in jeder Menge als unzulässig zu erachten sind, oder ob ein geringer Gehalt (bis zu welcher Höhe?) an diesen Verbindungen im Abwasser gestattet werden kann, wobei auch die Frage der Erörterung bedürfen wird, ob diese Doppelverbindungen im Kanal oder im Flußlaufe sich unter gewissen Bedingungen und eventuell welchen, in giftige Cyanverbindungen wieder umsetzen können".

III. Ergebnisse der Ortsbesichtigungen.

Die Beobachtungen der Berichterstatter bei der Besichtigung der Cyanstation der Dessauer Zuckerraffinerie ergaben, entsprechend den oben geschilderten Einrichtungsplänen der Fabrikleitung im wesentlichen folgendes:

Die Abwässer der Cyanstation setzen sich zusammen aus den Wässern der Abtreibekolonnen und Oberflächenkondensatoren, sowie den Abwässern aus den Arbeiterwaschräumen und dem Cyanlaboratorium einerseits, und aus den Kühlwässern andererseits. Wie oben schon erwähnt, werden offene (Einspritz-) Kondensatoren zur Zeit in der Fabrik nicht mehr benützt, so daß die Kühlwässer cyanfrei sind. Die Kondensate der Ammoniumsulfatverdampfer werden auf Pyridin verarbeitet, von welchem monatlich ca. 1000 kg gewonnen werden[1]). Die cyanhaltigen, von Pyridin befreiten Abwässer sammeln sich abwechselnd in einer der oben genannten, je 55 cbm fassenden Gruben. Das Eisensulfat ist mittelst großer Säcke in die Gruben eingehängt und wird von dem heißen Abwasser gelöst. Es wird sodann Natronlauge zugegeben, später mit Schwefel-

[1]) Früher gingen die Pyridinbasen mit dem Abwasser fort in die Kanalisation. Nach Abfangen des Pyridins sollen nach Angabe der Fabrikleitung Klagen der Kanalarbeiter über betäubenden Geruch in den Sielen nicht mehr vorgekommen sein.

säure schwach sauer gemacht, und die Mischung durch starkes Lufteinblasen kräftig durchgerührt. Der Zusatz von Natronlauge und Schwefelsäure erfolgt in berechneten Mengen entsprechend den analytischen Ergebnissen bei der Prüfung des Grubeninhalts. Der Grubeninhalt wird dann durch Filterpressen gepumpt. Der Ablauf der Filterpressen wird nach Bedarf in kürzeren Zwischenräumen qualitativ in der gewöhnlichen Weise durch Versetzen einer Probe mit Natronlauge und Eisenalaunlösung und darauf folgendes Ansäuern mit Schwefelsäure auf Cyan geprüft. Läuft das Wasser nicht klar von den Filterpressen ab oder ergibt die qualitative Prüfung noch die Anwesenheit von Cyan darin, so geht es noch einmal in die Reinigungsgrube und von dort wiederum auf die Pressen zurück. Der zurückbleibende Blauschlamm (eine Natriumferrocyandoppelverbindung), welcher mit etwa 70 % Wasser aus den Pressen kommt, wird in Pfannen getrocknet und enthält dann ungefähr 45 % Ferrocyankalium. Er wird zur weiteren Verarbeitung nach der Fabrik Taucha bei Leipzig geschickt. Auf 24 Stunden entfallen etwa 30 kg trockener Schlamm. Das von den Filterpressen klar ablaufende und auf Grund der qualitativen Prüfung als cyanfrei betrachtete Wasser gelangt zu einer ca. 15 qm großen Grube. Hier mischen sich die Kühlwässer bei. Das Wasser passiert dann ein dieser Grube angegliedertes ca. 3 qm großes Kiesfilter, auf dem sich noch überschüssiges Eisen ausscheidet. Der Ablauf des Kiesfilters wird alle 3 Stunden qualitativ auf Cyan geprüft. Eine quantitative Prüfung auf Cyan in giftiger und ungiftiger Form nach Professor Dr. Heyer wird in der Fabrik täglich 1 mal vorgenommen. Die Probe für diese quantitative Prüfung wird abwechelnd hinter den Filterpressen, hinter dem Kiesfilter oder aus dem Sammelschacht entnommen. Die Befunde werden in ein Kontrollbuch eingetragen. Das von dem Kiesfilter ablaufende Wasser wird zu dem oben beschriebenen begehbaren Sammelschacht geleitet, in welchem es sich mit den bedeutend größeren Abwassermengen aus der eigentlichen Zuckerraffinerie mischt[1]). Lediglich aus diesem Schacht sind die oben erwähnten Proben entnommen worden, welche auf Veranlassung der Herzoglichen Regierung in der chemischen Untersuchungsanstalt des Professors Dr. Heyer quantitativ auf giftige und ungiftige Cyanverbindungen geprüft worden sind.

Über die durch das Elbsiel fließenden Abwässermengen hat das Herzogliche Staatsministerium am 15. April 1905, zwischen 8—9 Uhr Messungen an einer 500 m oberhalb der Kanalpumpstation gelegenen Stelle ausführen lassen, wobei sich 114 Liter pro 1″ als Ablauf ergaben. Unter der Annahme einer solchen gleichmäßigen Abflußmenge zwischen 5 Uhr früh und 8 Uhr abends und unter Schätzung des Ablaufs zwischen 8 Uhr abends und 5 Uhr früh auf 90 Liter pro 1″ ergibt sich eine 24-stündige Gesamtleistung des Sieles zu 9000 cbm. In dieser Summe sind alle Abwässer, welche zur Elbe gehen, enthalten, woraus mit Rücksicht auf die oben erwähnten 8640 cbm Abwässer der Raffinerie geschlossen werden kann, daß alle übrigen Sielwässer zusammengenommen so gut wie keine Bedeutung in quantitativer Hinsicht haben. Berücksichtigt man indessen, daß der westliche und nördliche Teil der Stadt Dessau ganz nach der Elbe entwässert, so erscheinen die angegebenen Zahlen nicht sehr zu-

[1]) Nach Angabe der Fabrik beträgt die hier zum Abfluß gelangende Gesamtabwassermenge 6 Minutenkubikmeter gleich 8640 cbm pro Tag.

verlässig, da für diese Abwässer dann nur eine 24-stündige Menge von 360 cbm übrig bleiben würde.

Die Abwässer im Sammelschacht der Fabrik haben sehr hohe Temperaturen, meist über 30 Grad, gelegentlich auch über 40 Grad.

Die städtischen Kanalarbeiter haben wiederholt darüber Klage erhoben, daß sie beim Ausräumen des Sieles durch üblen und betäubenden Geruch belästigt und gefährdet worden seien[1]). Die Kanalarbeiten sollten daher während der wärmeren Jahreszeit im Jahre 1904 bis auf weiteres eingestellt werden. Ob ähnliche Beschwerden auch später noch erhoben worden sind, läßt sich aus den zur Verfügung stehenden Akten nicht ersehen. Die Direktion der Dessauer Zuckerraffinerie gibt an, daß der betäubende Geruch von den Pyridinbasen hergerührt habe, und nach Einführung der Pyridingewinnung (s. o.) sich derartige Klagen nicht wiederholt hätten. Die Wärme des Wassers wird seitens des Stadtbaurates auf meist 35 Grad angegeben, was mit den Messungen im Abflußkanal der Raffinerie im Einklang steht und das Übergewicht dieser Abwässer über alle übrigen weiter darzutun in der Lage ist.

Die hohe Temperatur des Kanales wird zusammen mit der Wasserdampfsättigung der Luft zweifellos stets eine schwere Belästigung der Arbeiter mit sich bringen und weiter das Austreten riechender Stoffe, die reichlich schon in den Vergasungsabwässern sich finden, begünstigen. Inwieweit auch Blausäure bei den oben geschilderten unangenehmen Wirkungen auf die Arbeiter sich geltend gemacht hat, läßt sich aus den Angaben schwer sagen, um so weniger als man es bei dieser Kanalluft zweifellos mit einem komplizierten Gemisch riechender Stoffe zu tun hat. Beobachtungen über Rattensterben hat man in diesem Sielsystem nicht gemacht; es will das nicht viel besagen, weil das Siel von der Fabrik ab durch dürftig bebautes Gelände führt, seitliche Hausanschlüsse nicht in großer Zahl vorliegen, und die Ratten durch das sehr warme und übelriechende Wasser nicht angelockt werden. Nahrungsstoffe finden sie hier überhaupt nicht.

Dort, wo am Kornhaus das Siel in die Elbe mündet, verteilt sich das Wasser in dem mächtigen Strom, die Ufer sind nicht bebaut, aber 100—200 m unterhalb der Sielmündung ist ein Anlegeplatz für Schiffe. Die Elbe führt am Kornhaus bei

kleinstem Wasserstand	76	Scbm
Mittelwasser	401	„
höchstem Hochwasser	6000	„

Dem Einstrom von 9000 cbm Sielwasser am Kornhaus stehen bei kleinstem Elbwasserstand rund 6,57 Millionen cbm Flußwasser als Verdünnungsmittel gegenüber.

Die etwa cyanhaltigen Abwässer (30 cbm) werden durch das Betriebswasser bezw. das Sielwasser um das 300 fache und im Elbstrom bei vollkommener Mischung, was allerdings erst sehr weit flußabwärts eintreten dürfte, auf mehr als das 200000 fache verdünnt. Durch beide Vorgänge werden die Gefahren einer allenfallsigen Blausäureschädigung erheblich gemindert.

Mit Rücksicht auf die durch die Abwässer für die Fische bedingten Gefahren,

[1]) Mitteilung des Stadtbauamtes an den Magistrat zu Dessau vom 15. und 16. Juni 1904.

die zunächst den besonderen Anlaß gegeben haben, einzuschreiten, hat sich eine neue Tatsache nicht feststellen lassen; man wird aber die Vermutung, das früher beobachtete Fischsterben hänge mit den Raffinerieabwässern zusammen, als sehr wahrscheinlich bezeichnen dürfen.

Da sich seit dem 21. August 1904 in den seitens des Professors Dr. Heyer entnommenen Abwässerproben nach dessen Angaben giftige Blausäure nicht mehr hat nachweisen lassen, und ungiftige auch nur in geringen Mengen (Maximum 1,73 mg im Liter), so könnte man mit diesem Ergebnis zweifellos vollkommen zufrieden sein, denn hiermit wäre die Aufgabe, jedwede Nachteile durch das Abwasser der Raffinerie zu beseitigen, soweit Cyanide in Betracht kommen, vollständig gelöst, vorausgesetzt nur, daß die angewandten Untersuchungsmethoden genügende Zuverlässigkeit behufs der Kontrolle besitzen.

Diese Frage ist, wie bereits erwähnt, im hygienischen Institut der Universität Berlin und im chemischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitamts einer sorgfältigen Nachprüfung unterzogen worden und muß im folgenden etwas eingehender erörtert werden.

IV. Chemische Untersuchung der Abwasserproben, sowie Nachprüfung der Verfahren zum Nachweise der giftigen und ungiftigen Cyan-Verbindungen.

Bei den in der Überschrift genannten Untersuchungen handelt es sich im besonderen um folgende Fragen:

1. Welche Cyan-Verbindungen kommen in den Abwässern nach Entfernung des Blauschlammes in Betracht?

2. Ist das von der Cyanstation der Dessauer Zuckerraffinerie angewandte Verfahren zur Entfernung der Cyan-Verbindungen aus den Abwässern hinreichend zuverlässig? Bis zu welcher Grenze lassen sich die Cyan-Verbindungen aus den Abwässern entfernen?

Damit steht im engsten Zusammenhange die Frage

3. Genügt die qualitative Prüfung auf Cyan-Verbindungen, wie sie in der Cyanstation der Dessauer Zuckerraffinerie ausgeführt wird, den Ansprüchen, welche an eine zuverlässige Kontrolle zu stellen sind, oder müssen in Zukunft schärfere Anforderungen erhoben werden?

4. Ist das Verfahren zur Unterscheidung der giftigen und ungiftigen Cyan-Verbindungen einwandfrei, und welche Mengen dieser Verbindungen können in den Abwässern mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Untersuchungsverfahren noch als zulässig betrachtet werden?

5. Welche Abwässer sind der Prüfung zu unterziehen?

6. Unter welchen Bedingungen spalten die ungiftigen Cyan-Verbindungen Blausäure ab?

Nachstehend sollen die einzelnen Fragen beanwortet werden.

Zu Frage 1.

Zur Entscheidung dieser Frage wurden Abwässer von der Cyanstation, und zwar solche von den Filterpressen, vom Kiesfilter und vom Sammelschacht, am 23. Februar

1907 entnommen und an den darauf folgenden Tagen untersucht. Hierbei wurde mit Sicherheit festgestellt, daß die Abwässer von den Filterpressen sowohl, wie auch vom Kiesfilter giftige Cyan-Verbindungen enthielten. Dagegen waren solche in den Abwässern vom Sammelschacht nicht mehr nachweisbar. In den Abwässern vom Kiesfilter wurde eine quantitative Bestimmung ausgeführt, welche 16 mg Cyankalium im Liter ergab. Ungiftige Cyan-Verbindungen waren in sämtlichen Abwasserproben nicht nachzuweisen. Die Auffindung der giftigen Cyan-Verbindungen in den Abwässern von den Filterpressen und vom Kiesfilter gab zu der Vermutung Anlaß, daß entweder das Verfahren der Reinigung der Abwässer nicht einwandfrei, oder daß die in der Fabrik angewandte qualitative Prüfungsmethode auf Abwesenheit von Blausäure in den Abwässern mangelhaft ist. Es wurden deshalb nochmals Abwasserproben am 13. April 1907 von denselben Stellen entnommen und einer sorgfältigen Untersuchung unterzogen. Hierbei wurde gefunden, daß die Abwässer von den Filterpressen bei der qualitativen Prüfung noch eine deutliche Reaktion auf Blausäure gaben. In den Abwässern vom Kiesfilter wurde bei der quantitativen Prüfung ein Gehalt von weniger als 0,5 mg Cyankalium im Liter festgestellt. Während in den Abwässerproben vom 23. Februar 1907 sich ungiftige Cyan-Verbindungen nicht nachweisen ließen, entsprach nunmehr der Gehalt des Abwassers vom Kiesfilter an ungiftigen Cyan-Verbindungen einer Menge von 2,2 mg Blausäure = 5,2 mg Cyankalium im Liter. In den Proben aus dem Sammelschacht konnten wiederum weder giftige noch ungiftige Cyan-Verbindungen aufgefunden werden.

Außer den genannten Cyan-Verbindungen wurde in den Abwässern hinter dem Kiesfilter noch Rhodanwasserstoffsäure und Cyansäure, jedoch nur in Spuren nachgewiesen.

Für die Beurteilung der Abwässer kommen somit nur Blausäure und ihre Salze (giftige Cyan-Verbindungen) sowie die komplexen Säuren Ferro- und Ferri-cyanwasserstoffsäure und ihre löslichen Salze, gelbes und rotes Blutlaugensalz, (ungiftige Cyan-Verbindungen) in Betracht.

Zu Frage 2.

Die Auffindung einer verhältnismäßig großen Menge von giftigen Cyan-Verbindungen in den am 23. Februar 1907 entnommenen Abwasserproben von den Filterpressen und vom Kiesfilter könnte darauf hinweisen, daß das in der Fabrik zur Entfernung der Blausäure aus den Abwässern angewandte Verfahren nicht hinreichend zuverlässig ist. Demgegenüber hat die Untersuchung der Abwasserproben vom 13. April 1907 gezeigt, daß die giftigen Cyan-Verbindungen bis auf einen Gehalt unter 0,5 mg im Liter, berechnet auf Cyankalium, herabgesetzt werden können. Durch zahlreiche Laboratoriumsversuche wurde festgestellt, daß es nicht möglich ist, diese Grenze zu unterschreiten. Demnächst fällt der 5,2 mg Cyankalium entsprechende Gehalt an ungiftigen Cyan-Verbindungen in den Abwasserproben vom 13. April 1907 auf. Aber auch diese Menge liegt, wie besondere Versuche erwiesen, durchaus innerhalb der Grenzen des Verfahrens; dasselbe läßt sich in dieser Hinsicht nicht weiter verbessern. Theoretische, hier nicht weiter auszuführende Erwägungen lassen dies auch vollkommen glaubhaft erscheinen. Wenn die Abwasserproben vom 23. Februar 1907 sich als frei

von ungiftigen Cyan-Verbindungen erwiesen haben, so lag dies nur daran, daß den Abwässern an diesem Tage in der Fabrik zu wenig Eisensulfat zugesetzt worden war. Daraus erklärt sich auch der hohe Gehalt dieser Proben an giftigen Cyan-Verbindungen, welche eben durch den Mangel an Eisensalz nicht in die ungiftigen Verbindungen übergeführt waren. Offenbar war an diesem Tage die Fabrikkontrolle mangelhaft gewesen.

Es ergibt sich somit, daß bei sorgfältiger Ausführung und Überwachung das von der Fabrik angewandte Verfahren zur Entfernung der Blausäure aus den Abwässern der Cyanstation praktisch das leistet, was von ihm erwartet werden kann. An sich betrachtet können die Ergebnisse gleichfalls als befriedigend bezeichnet werden, wenn man die Abwasserproben vom 13. April 1907 in das Auge faßt. Diese Proben haben noch nicht 0,5 mg Cyankalium im Liter enthalten, das ist eine Menge, welche wohl als völlig unbedenklich angesehen werden kann. Auch die 2,2 mg Blausäure im Liter entsprechende Menge an ungiftigen Cyan-Verbindungen kann als belanglos gelten, wenn man bedenkt, daß die von dem Kiesfilter kommenden Abwässer der Cyanstation im Sammelschacht durch die Abwässer der Raffinerie auf das 300 fache verdünnt werden.

Das in der Cyanstation der Dessauer Zuckerraffinerie angewandte Verfahren zur Reinigung der Abwässer von Blausäure kann daher als für seinen Zweck ausreichend bezeichnet werden, zumal auch kein besseres vorhanden ist, welches an seine Stelle gesetzt werden könnte. Voraussetzung hierbei ist, daß das Verfahren sorgfältig gehandhabt und überwacht wird. Vornehmlich muß darauf geachtet werden, daß eine genügende Menge an Eisensulfat den Abwässern zugesetzt wird.

Zu Frage 3.

Die qualitative Prüfung, mittelst deren in der Cyanstation der Dessauer Zuckerraffinerie kontrolliert wird, ob die Abwässer von den Filterpressen und vom Kiesfilter frei von Cyan-Verbindungen sind, beruht auf der bekannten Entstehung eines Niederschlages von Berlinerblau beim Versetzen einer blausäurehaltigen Lösung mit Eisenoxydulsalz und Natronlauge und darauf folgendem Zusatz eines Eisenoxydsalzes und einer Säure. Die Art, wie diese Reaktion in der Fabrik ohne jede Rücksichtnahme auf die Mengenverhältnisse der reagierenden Stoffe ausgeführt wird, ist wenig sachgemäß.

Die Versuche, welche zur Entscheidung über die Brauchbarkeit der Berlinerblau-Reaktion für den in Rede stehenden Zweck ausgeführt wurden, erstreckten sich auf die Untersuchung über die genauen Bedingungen, unter denen die Reaktion ausgeführt werden muß, damit sie möglichst empfindlich ist, d. h. damit sie noch möglichst geringe Mengen Blausäure mit Schärfe anzeigt. Danach wurden die Empfindlichkeitsgrenzen der Reaktion sowohl in destilliertem Wasser, als auch in den Abwässern der Cyanstation und schließlich unter Zusatz solcher Stoffe festgestellt, welche, wie Ammoniak und Pyridinbasen, in diesen Abwässern vorkommen. Das Ergebnis der Versuche läßt sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Berlinerblau-Reaktion ist zur ausschlaggebenden Prüfung auf kleine Mengen Blausäure, wie sie in den Abwässern der Cyanstation vorkommen weder empfindlich noch zuverlässig genug, einerseits weil ihre Empfindlichkeit selbst für reine wässerige Cyankaliumlösung nur bis zu 5—10 mg im Liter reicht, und andererseits, weil in den

Abwässern der Cyanstation Stoffe enthalten sind, welche die Reaktion zu verhindern oder doch stark zu beeinträchtigen vermögen.

Die Berlinerblau-Reaktion hat daher für die Kontrolle der cyanhaltigen Abwässer nur den beschränkten Wert einer Vorprobe. Damit sie als solche das leistet, was von ihr erwartet werden kann, ist sie in folgender Form auszuführen: 50 ccm des zu prüfenden Abwassers werden mit 1 ccm einer 10 prozentigen Ferrosulfatlösung und $^1/_2$ ccm einer 10 prozentigen Natronlauge versetzt; nach etwa 5 Minuten wird die Lösung mit Schwefelsäure angesäuert. Hiernach darf die Lösung auch nicht einmal eine vorübergehende Blaufärbung zeigen. Im anderen Falle ist die Anwesenheit von Cyanverbindungen in der untersuchten Probe anzunehmen und das Abwasser zur nochmaligen Reinigung zurückzugeben.

Wie weiter zu verfahren ist, um das Ergebnis der Berlinerblau-Reaktion für die Fälle sicher zu stellen, in denen auch eine vorübergehende Blaufärbung der Lösung nicht aufgetreten ist, wird in der Beantwortung zu Frage 4 erörtert werden.

Zu Frage 4.

Die hierzu angestellten zahlreichen Versuche führten zu dem Schluß, daß das von den Dessauer Chemikern angewandte Verfahren zur Bestimmung der giftigen Cyanverbindungen seinen Zweck nicht erfüllt. Abgesehen davon, daß durch die aus dem Natriumbikarbonat, womit die Abwässer destilliert werden, entstehende Soda Blausäure zurückgehalten wird — ein Übelstand, der sich kaum vermeiden läßt —, werden erhebliche Verluste an Blausäure auch dadurch verursacht, daß die mitüberdestillierenden basischen Stoffe, wie Ammoniak und Pyridin, die Ausscheidung des Berlinerblaus in dem Destillat stark beeinträchtigen. Dieselbe Wirkung übt, wovon wir uns durch besondere Versuche überzeugten, auch ein Überschuß an Kalilauge oder an Kaliumkarbonat aus, und beide sind in dem schließlich erhaltenen Destillat in großem Überschuß vorhanden.

Endlich konnten infolge unvollkommener Absorption der Blausäure durch die vorgelegte Kalilauge, die mit dem Fortschreiten der Destillation immer mehr in Kaliumkarbonat umgewandelt wird, Blausäureverluste festgestellt werden. Diese Ergebnisse führen dazu, die Kalilauge als Vorlage zum Auffangen der überdestillierenden Blausäure zu verwerfen und diese nicht als Berlinerblau zu bestimmen, sondern vielmehr Silbernitratlösung vorzulegen, wodurch die bei Verwendung von Kalilauge erwähnten Übelstände sämtlich vermieden werden, und die giftigen Cyanverbindungen in Form von Cyansilber zu ermitteln. Folgendes Verfahren hat sich zur Bestimmung der giftigen Cyan-Verbindungen als zweckmäßig erwiessen.

500 ccm der Abwasserprobe werden nach Zusatz von 50 g Natriumbikarbonat aus einem Literkolben mit einfachem Aufsatz unter Vorlage von 2 ccm $^1/_{10}$ normal-Silbernitratlösung und etwa 10 ccm verdünnter Salpetersäure destilliert, bis das Destillat 100 ccm beträgt.

Das Destillat darf keinen Niederschlag geben; dann enthält das Abwasser weniger als 0,5 mg Cyankalium im Liter. Unter diese Grenze zu gehen, erscheint aus Gründen der analytischen Technik nicht angängig und auf Grund der toxikologischen Beurteilung der Blausäure auch nicht nötig.

Entsteht bei der Destillation in der Vorlage ein Niederschlag von Cyansilber und soll dessen Menge bestimmt werden, so ist der Niederschlag abzufiltrieren und in einem aliquoten Teil des Filtrats das überschüssige Silbernitrat nach Volhard titrimetrisch zu bestimmen[1]).

Die ungiftigen Cyan-Verbindungen in den Abwässern werden ermittelt, indem man den Gesamtgehalt an Cyan-Verbindungen bestimmt und hiervon den Gehalt an giftigen Cyan-Verbindungen abzieht.

Für die Bestimmung des Gesamtgehaltes an Cyan-Verbindungen hat sich das folgende Verfahren bewährt. 500 ccm der Abwasserprobe werden nach Zusatz von 50 ccm etwa 50 prozentiger Schwefelsäure aus einem Literkolben mit einfachem Aufsatz unter Vorlage von etwa 10 ccm Wasser, welche etwa $^1/_2$ ccm einer 10 prozentigen Natronlauge enthalten, destilliert, bis das Destillat 100 ccm beträgt. Das alkalisch reagierende Destillat darf höchstens $^1/_2$ ccm $^1/_{10}$ normal-Silbernitratlösung bis zum Eintritt einer Trübung verbrauchen. Dann ist im Liter höchstens ein 13 mg Cyankalium entsprechender Gehalt an Gesamt-Cyan-Verbindungen vorhanden. Vorausgesetzt, daß der Gehalt an giftigen Cyan-Verbindungen die oben angegebene Grenze nicht überschreitet, dürfte gegen die Zulassung einer bis 13 mg Cyankalium im Liter entsprechenden Menge an ungiftigen Cyan-Verbindungen im vorliegenden Fall nichts zu erinnern sein, wenn man bedenkt, daß die Abwässer aus der Cyanstation im Sammelschacht die große Verdünnung auf die 300 fache Menge erfahren.

Wird bei der Prüfung auf Gesamt-Cyan-Verbindungen mehr Silbernitratlösung als angegeben verbraucht, so wird in der Zugabe der Silbernitratlösung bis zur eintretenden Trübung fortgefahren und die Menge an Gesamt-Cyan-Verbindungen aus der verbrauchten Anzahl ccm Silbernitratlösung nach Liebig berechnet.

Mit Rücksicht auf die nicht genügende Empfindlichkeit der Berlinerblau-Reaktion erscheint es zur Ausübung einer zuverlässigen Fabrikkontrolle durchaus erforderlich, daß selbst bei fortgesetztem negativem Ausfall der Berlinerblaureaktion täglich mindestens 3 Proben des Abwassers von den Filterpressen seitens der Cyanstation auf die Anwesenheit von giftigen Cyan-Verbindungen nach dem vorstehend angegebenen Verfahren geprüft werden. Entsteht hierbei in der Vorlage ein Niederschlag, so sind die Abwässer einer nochmaligen Reinigung zu unterziehen. Die Untersuchungsergebnisse sind unter Angabe von Datum und Stunde der Entnahme und Untersuchung der Proben fortlaufend in ein Kontrollbuch einzutragen, welches den mit der Aufsicht betrauten Beamten auf Verlangen zur Einsicht vorzulegen ist.

Außerdem ist eine genaue, von der Fabrikleitung unabhängige, ständige Überwachung des Betriebes in der Weise zu verlangen, daß mindestens zweimal im Monat die Abwässer vom Kiesfilter der Untersuchung auf einen Gehalt an giftigen und ungiftigen Cyan-Verbindungen nach den vorstehend angegebenen Verfahren durch einen amtlichen Chemiker unterzogen werden.

Hierbei ist, wenn bei der Bestimmung der giftigen Cyan-Verbindungen in der

[1]) Da bei Verwendung von frischen Kautschukstopfen das Destillat zuweilen an sich schon eine Opaleszenz oder schwache Trübung zeigen kann, so sind Kautschukstopfen bei den in Anwendung kommenden Apparaten zu vermeiden.

Vorlage ein Niederschlag entsteht, die Menge derselben quantitativ zu ermitteln; andernfalls ist als Schlußergebnis anzugeben: „unter 0,5 mg Cyankalium im Liter". Bei der Bestimmung der Gesamt-Cyan-Verbindungen ist der Verbrauch an $^1/_{10}$ Normal-Silbernitratlösung und die daraus sich ergebende Menge Cyankalium stets anzugeben. Die Berechnung der Menge an ungiftigen Cyan-Verbindungen ist nur dann vorzunehmen, wenn bei der Bestimmung der giftigen Cyan-Verbindungen ein Niederschlag entstand.

Zu Frage 5.

Welche Abwässer der Prüfung zu unterziehen sind, ergibt sich bereits aus den vorstehenden Ausführungen. Für die Fabrikkontrolle können allein die Abwässer von den Filterpressen in Betracht kommen, da hierdurch am schnellsten die Möglichkeit gegeben ist, bei einer nicht genügenden Reinigung der Abwässer die notwendige Abhilfe eintreten zu lassen.

Auch bei den Untersuchungen seitens der Aufsichtsbehörde wird sich ein sicheres Urteil über die Beschaffenheit der Abwässer der Cyanstation nur gewinnen lassen, wenn diese Abwässer für sich, also unmittelbar hinter dem Kiesfilter, und nicht erst nach ihrer Verdünnung durch die großen Mengen von Abwässern aus der Raffinerie im Sammelschacht untersucht werden[1]). Diese Verdünnung ist so groß, daß 150 Liter dieser Abwässer in Arbeit genommen werden müßten, um diejenige Menge Blausäure zu erhalten, die in $^1/_2$ Liter der Abwässer vom Kiesfilter gerade noch gestattet sein soll. Aus negativen Befunden, die bei einer solchen Verdünnung an Abwasserproben aus dem Sammelschacht gewonnen werden, einen sicheren Schluß auf die ordnungsgemäße Reinigung der Abwässer der Cyanstation zu ziehen, erscheint unzulässig. Dazu kommt, daß in dem Abwasser im Sammelschacht Stoffe, z. B. Zucker, vorhanden sind, welche kleine Mengen Blausäure zu binden vermögen. Dies ist durch besondere Versuche festgestellt worden.

Für die chemische Untersuchung sind die Abwasserproben gut durchzuschütteln, da häufig feine Niederschläge durch das Kiesfilter hindurchgehen und so in den Sammelschacht gelangen, welche sich als cyanhaltig erweisen. Wird nach den vorstehend angegebenen Verfahren die Untersuchung und Überwachung gehandhabt, so wird man sicher sein können, daß weder giftige, noch ungiftige Cyan-Verbindungen in den Abwässern vom Sammelschacht nachweisbar sind.

Zu Frage 6.

Die zur Entscheidung der Frage, ob und in welchem Maße die ungiftigen (komplexen) Cyan-Verbindungen Blausäure abspalten, ausgeführten Versuche haben ergeben, daß alle komplexen Cyan-Verbindungen durch Säure je nach der Konzentration derselben und der Löslichkeit der komplexen Cyan-Verbindungen in Wasser mehr oder weniger leicht unter Entstehung von Blausäure zerlegt werden. Als besonders gefährlich in dieser Hinsicht sind Lösungen von gelbem und rotem Blutlaugensalz zu betrachten, die schon bei Zimmertemperatur, selbst mit unzureichenden Mengen verdünnter Schwefelsäure versetzt, unter Abgabe von Blausäure zerfallen. Widerstandsfähiger gegen Säuren ist Berlinerblau, ebenso der bei der Reinigung der Abwässer ab-

[1]) Die mit der Kontrolle beauftragten Chemiker waren bisher nur zur Entnahme von Abwasserproben aus dem Sammelschacht befugt.

fallende Blauschlamm, offenbar weil diese Stoffe in Wasser sehr schwer löslich sind; aber auch sie können durch auf einander folgende Einwirkung von Alkalien und Säuren unter Abspaltung von Blausäure zerlegt werden. Erhöhung der Temperatur beschleunigt in allen Fällen die Zersetzung; diese Bedingung ist in den hier in Rede stehenden Abwässern gegeben; denn in den Reinigungsgruben dürfte die Temperatur der Wässer 50° wesentlich übersteigen.

V. Toxikologische Beurteilung der Cyan-Verbindungen.

Die Blausäure ist eines der stärksten Gifte, welche wir kennen, sowohl für den Menschen, wie für Warmblüter im allgemeinen und auch für Kaltblüter. Die letale Dosis der Blausäure beim Menschen wird zu 0,06 g = 0,15 g Cyankalium angegeben. Die Kaltblüter zeigen schnell auf Blausäuredosen Lähmungserscheinungen.

Von den Cyandoppelverbindungen gilt das gelbe Blutlaugensalz (Ferrocyankalium) für ungiftig; wenigstens in mäßigen Dosen von 0,5—1,0 g hat es früher therapeutische Verwendung gefunden. Anders verhält es sich indessen, wenn das Salz bei gleichzeitiger Anwesenheit von Säure zur Einwirkung gelangt. So gibt Kobert in seinem Lehrbuch der Toxikologie an, daß Ferrocyankalium, in saurer Lösung genommen, dieselben Vergiftungserscheinungen bewirkt wie Blausäure, und führt mit Recht, wie die aus Anlaß dieser Begutachtung ausgeführten Versuche lehren, dieses Verhalten des Salzes auf die durch die Säure bewirkte Blausäureabspaltung zurück. Von dem roten Blutlaugensalz nimmt man gleichfalls seine Unschädlichkeit als erwiesen an; jedoch haben die vorerwähnten Versuche gezeigt, daß es schon in schwachsauren Lösungen ebenso leicht Blausäure abspaltet, wie das Ferrocyankalium.

Neuerdings sind in der landwirtschaftlichen Versuchsstation Münster i. W. von Dr. I. Hasenbäumer eingehende Versuche über die Giftwirkung von Cyankalium, Ferro- und Ferricyankalium sowie von Rhodan-Kalium und Rhodanammonium auf Fische angestellt worden[1]). Hiernach soll Cyankalium für Fische ein äußerst starkes Gift sein und sollen Mengen von 1,8 mg im Liter in 1—2 Tagen tödlich wirken. Bei Ferrocyankalium trat eine schädliche Wirkung erst bei Mengen von 1,5—3,0 g im Liter ein, bei den übrigen, oben genannten Verbindungen wurden ähnliche Mengen ermittelt.

In dem Maße, als die komplexen Cyan-Verbindungen unlöslicher im Wasser werden, werden sie auch von Säuren unter Abspaltung von Blausäure weniger stark angegriffen und daher auch hinsichtlich ihrer Giftwirkung weniger gefährlich.

Auf die seitens des Anhaltischen Staatsministeriums aufgeworfenen Fragen, ob jede auch noch so kleine Menge von Cyan und dessen Verbindungen das Wasser zu einem gesundheitsschädlichen und im Fischereiinteresse zu einem unzulässigen macht, läßt sich nur verneinend antworten; es gibt kleinste Mengen dieser Stoffe, die unschädlich und also zulässig wären, vorausgesetzt, daß man den Gebrauch des Wassers, wie es ist, in Anschlag bringt.

Bei einer so hochgradig giftigen Substanz wie Blausäure, bei der die tödlichen Dosen für den Erwachsenen innerhalb weniger hundertstel Gramm liegen, empfiehlt

[1]) Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 11 (1906), S. 97—101.

es sich indessen nicht, weiteren Spielraum bei der Beurteilung der Abwässer zu lassen, Blausäure muß bis auf Spuren beseitigt werden.

Die Cyandoppelverbindungen können allerdings, wie wir gesehen haben, nur unter bestimmten Voraussetzungen giftig wirken. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß die aus der Fabrik abgehenden Reste solcher Substanzen bei der hohen Temperatur und der sauren Reaktion der Abwässer Gelegenheit finden können, sich unter Abspaltung von Blausäure zu zersetzen. Man muß ferner erwägen, daß Reste des Blauschlammes, wie sie sich in den Abwässern in mehr oder weniger zersetztem Zustande finden, als eine ungelöste Substanz sich darstellen, die sich absetzen und Schlammlager bilden können, wodurch eine sehr unwillkommene Anhäufung eintritt. Träte durch irgend einen Umstand eines jener Momente ein, das zur Zerlegung der komplexen Cyanverbindungen führt, so wäre vielleicht ein Schaden unabweislich. Je besser die Kläranlagen der Fabrik überwacht werden, um so weniger Cyandoppelverbindungen werden mit dem Abwasser abgehen. Es empfiehlt sich aus diesen Gründen, auch die Beseitigung der komplexen Cyanverbindungen in dem weitgehenden Maße zu fordern, wie dies im vorhergehenden Abschnitt erörtert wurde; dies um so mehr, als es technisch durchführbar ist.

Wie die Untersuchung der Abwässerproben gelehrt hat, ist die Technik in der Lage, giftige wie ungiftige Blausäure bis auf Milligramme und Bruchteile eines Milligramms zu entfernen. Das ist möglich, wenn zu der ordnungsmäßigen Benutzung der vorhandenen Reinigungsanlagen noch hinzutreten eine scharfe Kontrolle über den inneren Betrieb der Fabrik, sowie amtliche periodische Untersuchungen der Abwässer in der im vorigen Abschnitt ausführlich dargelegten Weise. Jede Lässigkeit in dieser Aufsicht kann unübersehbare schwere Folgen haben, zumal hinzukommen kann, daß durch Leichtsinn und unordentliche Arbeit Verschleuderungen der giftigen Blausäurepräparate eintreten. Auch im Interesse der Arbeiter kann die reinliche Arbeit, welche die Vergiftung der Abwässer auf das geringste Maß herabdrückt, nur empfohlen werden.

VI. Schlußsätze.

1. Im Sommer 1903 sind in der Elbe am Kornhaus zu Dessau, und zwar an der Mündung des städtischen Kanals, wiederholt Fische in großen Mengen verendet.

Seitens der Fischereiberechtigten wurde die Vermutung ausgesprochen, daß diese Fischsterben durch eine Vergiftung des Elbwassers mittels chemischer Stoffe, welche wahrscheinlich aus der Dessauer Zuckerraffinerie stammten, veranlaßt sein könnten.

2. Diese Fabrik hat gemäß der bei der Konzessionierung ihr auferlegten Verpflichtungen die Abwässer vollkommen frei von schädlichen Bestandteilen (Cyanverbindungen) abzuleiten. Tatsächlich sind aber im Elbkanal, d. h. in dem zur Elbe führenden Hauptsiel in den Jahren 1903 und 1904 häufig giftige Cyanverbindungen in nicht unbeträchtlichen Mengen durch die chemische Analyse nachgewiesen worden.

3. Der ursächliche Zusammenhang der Fischsterben mit diesen giftigen Abwässern ist zwar sehr wahrscheinlich, konnte aber nicht zweifellos nachgewiesen werden. Neue Tatsachen haben sich in dieser Beziehung nicht feststellen lassen.

4. Durch die Aufsichtsbehörde veranlaßt, hat die Fabrik Maßnahmen getroffen,

die Abwässer durch Anwendung eines geeigneten Verfahrens, gemäß dem § 5 der Konzessionsbedingungen vom 14. Juni 1902, cyanfrei zu machen. Seit September 1904 sind giftige und seit April 1905 auch ungiftige Cyanverbindungen in den Abwässern der Zuckerraffinerie bei den 4—8 mal monatlich ausgeführten Untersuchungen auf Grund der angewandten Untersuchungsverfahren nicht mehr nachgewiesen worden.

5. Das von der Dessauer Zuckerraffinerie angewandte Verfahren zur Reinigung der Abwässer der Cyanstation hat sich bei sorgfältiger Ausführung und genügender Überwachung als hinreichend zuverlässig erwiesen.

6. Die seitens der Anhaltischen Regierung aufgeworfenen drei Fragen werden wie folgt beantwortet:

a. Frage 1. „Muß jeder, wenn auch noch so geringe Gehalt von Cyan oder dessen Verbindungen in den Abwässern, welche in die städtische Kanalisation und von da in die Elbe geleitet werden, im allgemein gesundheitlichen wie im Fischereiinteresse als unzulässig betrachtet werden, bezw. macht er die Abwässer zu schädlichen im Sinne der üblichen Konzessionsbedingungen?“

Vom theoretischen Standpunkt aus macht nicht jede kleinste Menge von giftigen Cyanverbindungen ein Fluß- oder Abwasser gesundheitsschädlich.

Da die Blausäure indessen zu den giftigsten Stoffen gehört, so reichen schon sehr geringe Mengen bei Menschen und Tieren (also auch Fischen) zur Gesundheitsschädigung oder zur Gefährdung des Lebens aus. Daher muß ihre Entfernung aus den Abwässern, auch wegen der Gefährdung der Kanalarbeiter verlangt werden, also sowohl im gesundheitlichen wie im Fischereiinteresse.

b. Frage 2. „Kann ein ausnahmsweiser Gehalt an Cyan in Form von Cyan-Wasserstoff und Alkalicyaniden in sehr geringen Mengen, und zwar in welchen, gestattet werden unter der Voraussetzung einer ständigen chemischen Überwachung der Abwässer?“

Die Giftigkeit der Blausäure erfordert das Verbot jedes, selbst eines ausnahmsweisen sehr geringen Gehaltes von giftigen Cyanverbindungen (Cyanwasserstoff und Alkalicyaniden) im Abwasser, auch bei ständiger chemischer Überwachung der Abwässerzusammensetzung, zumal der Begriff des „ausnahmsweisen“ sehr dehnbar ist.

c. Frage 3. „Sind auch die Cyan-Doppel-Verbindungen, insbesondere die Eisencyanverbindungen (gelbes und rotes Blutlaugensalz, Berliner Blau usw.), in jeder Menge als unzulässig zu erachten, oder kann ein geringer Gehalt (bis zu welcher Höhe?) an diesen Verbindungen im Abwasser gestattet werden, wobei auch die Frage der Erörterung bedürfen wird, ob diese Doppelverbindungen im Kanal oder im Flußlaufe sich unter gewissen Bedingungen und eventuell welchen, in giftige Cyanverbindungen wieder umsetzen können?“

Auch die im vorliegenden Fall hauptsächlich in Frage kommenden Eisencyanverbindungen müssen von dem Abwasser der Fabrik fern gehalten werden. Das gelbe Blutlaugensalz gilt zwar in mäßigen Mengen für ungiftig, und auch von dem roten Blutlaugensalz nimmt man an, daß es unschädlich ist; indessen liegt die Möglichkeit der Umbildung dieser ungiftigen Verbindungen in giftige Cyanverbindungen unter den hier obwaltenden Umständen vor.

7. Nach § 5 der Konzessionsbedingungen vom 14. Juni 1902 dürfen die von den Abtreibekolonnen herrührenden Abwässer nur nach vorheriger Reinigung vollkommen frei von schädlichen Bestandteilen (Cyanverbindungen) abgeleitet werden.

Demgemäß müssen, entsprechend den vorstehenden Ausführungen unter Ziffer 6, c nicht nur die Cyanverbindungen, sondern auch die Eisencyanverbindungen aus dem Abwasser entfernt werden. Die Konzessionsbedingungen wären also sinngemäß dahin zu ändern, daß „alle Einzel-Abwässer, welche irgendwie Cyan enthalten können, nur nach vorheriger Reinigung und bis auf Spuren frei von giftigen und ungiftigen Cyan-Verbindungen abgeleitet werden" dürfen. Technisch ist die Ausscheidung der gelösten Cyanverbindungen und Eisencyanverbindungen sowie die Fernhaltung der ungelösten Cyanverbindungen aus den Einzelabwässern der Cyanstation bis auf Spuren auch im Großbetriebe möglich; daraus ergibt sich dann, daß Cyanverbindungen in den Gesamtabwässern und in der Vorflut nicht mehr auffindbar sein werden.

Hierzu sind, wie die Einrichtungen der Fabrik zeigen, erforderlich die Trennung der Abwässer der Cyanstation von den übrigen Abwässern der Zuckerraffinerie bis zur erfolgten Entfernung aller Cyanverbindungen aus den ersteren, die Kontrolle über die erfolgte quantitative Ausfällung aller gelösten Cyanverbindungen aus den Abwässern mittelst einer behördlich genehmigten, zuverlässigen Methode im Abwasser selbst und die Einrichtung mechanischer Klärvorrichtungen, durch welche ein Übertreiben von Eisencyanschlamm auch in kleinen Mengen in die Vorflut sicher verhindert wird.

8. Solange eine Änderung des Betriebes der Dessauer Cyanfabrik, weder dem Ort nach, noch hinsichtlich der Menge der erzeugten cyanhaltigen Abwässer, nicht erfolgt, ist eine Änderung der bestehenden Einrichtungen zur Reinigung der Abwässer nicht notwendig. Jedoch ist eine ständige Überwachung der Reinigung durch die Fabrik selbst, sowie eine dauernde Kontrolle durch eine von der Fabrik unabhängige Untersuchungsstelle dringend geboten. Untersuchungsmethoden, sowie ein Gang des Verfahrens, durch welche die Sicherheit der Kontrolle der Abwässer gewährleistet wird, sind im Abschnitt IV des Gutachtens angegeben worden. Der Fabrik wäre aufzugeben, die Reinigung der Abwässer an Proben der Abwässer unmittelbar von den Filterpressen mittels der Berlinerblau-Reaktion ständig in $^1/_2$ stündigen Zwischenräumen und überdies mindestens 3 mal täglich mittels der quantitativen Prüfung auf giftige Cyan-Verbindungen zu kontrollieren. Die Untersuchungsergebnisse der quantitativen Prüfung müßten unter Angabe von Datum und Stunde der Entnahme und Untersuchung der Proben fortlaufend in ein Kontrollbuch eingetragen werden, welches den mit der Aufsicht betrauten Beamten auf Verlangen zur Einsicht vorzulegen ist.

Ferner müßte mindestens 2 mal im Monat eine behördliche unvermutete Entnahme und Untersuchung von Proben der Abwässer der Cyanstation vom Kiesfilter stattfinden. Diese Untersuchungen hätten sich auf die Bestimmung der giftigen und ungiftigen Cyan-Verbindungen nach den in Abschnitt IV dieses Gutachtens angegebenen Vorschriften zu erstrecken.

Die mit der Aufsicht betrauten Beamten wären hinsichtlich des von der Cyanstation zu führenden Kontrollbuches mit entsprechender Instruktion zu versehen.

Zur Differenzierung der Ruhrbakterien mittels der Agglutination, der Komplementablenkung und der bakteriotropen Immunserumwirkung.

Von

Stabsarzt **Dr. Haendel**,

kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

I. Agglutination.

Durch Martini und Lentz (1) ist zuerst eine auf biologischer Grundlage beruhende Differenzierung der verschiedenen als Erreger der epidemischen Dysenterie angesprochenen Bakterien erreicht worden. Die Autoren konnten die als Ruhrerreger in Betracht kommenden Bakterien mit Hilfe der Agglutination in die beiden Gruppen 1. vom Typus Shiga-Kruse und 2. vom Typus Flexner einreihen. Die der ersten Gruppe zugehörenden Stämme wurden durch ein mit einer Shiga-Kruse-Kultur hergestelltes Ziegenimmumserum bis zur Titergrenze des Serums 1 : 500 agglutiniert, während für die der 2. Gruppe dagegen bereits die Agglutinationsgrenze bei einer Serumverdünnung von 1 : 25 erreicht war. Umgekehrt agglutinierte ein mit einem Flexner-Stamm gewonnenes Kaninchenserum Kulturen der ersten Gruppe nur bis 1 : 25, die der zweiten dagegen bis 1 : 4000. Lentz (2) konnte den so auf biologischem Wege geführten Nachweis der Artverschiedenheit der beiden Typen weiterhin auch mittels chemischer Reaktion infolge des differenten kulturellen Verhaltens der beiden Gruppen auf Mannitnährböden bestätigen. Er stellte fest, daß die Ruhrstämme vom Typus Shiga-Kruse beim Wachstum auf Mannitagar den Nährboden unverändert lassen, während die vom Flexner-Typus denselben nach 24 Stunden rotviolett und nach 48 Stunden leuchtendrot färben.

Die von Martini und Lentz aufgestellte Einteilung und Trennung der Ruhrbakterien in diese beiden Gruppen ist jetzt wohl allgemein anerkannt. So kam Lüdke (3) auf Grund seiner Untersuchungen ebenfalls zu dem Ergebnis, daß unter den Ruhrerregern die Stämme vom Typus Shiga-Kruse von denen der Flexner-Gruppe zu trennen seien. In gleicher Weise konnten Jürgens (4) und Doerr (5) die Zugehörigkeit der von ihnen aus Ruhrstühlen isolierten Bakterien zu der Flexner- bezw. zu der Shiga-Kruse-Gruppe mit Hilfe der Agglutination feststellen und ebenso vermochte Bofinger (6) nachzuweisen, daß die 1905 in Lüderitzbucht beobachteten Ruhrerkrankungen durch

Bakterien des Typus Shiga-Kruse hervorgerufen waren. Hatte bei diesen Untersuchungen die Agglutinationsreaktion sich auch bei Ruhr als streng spezifisch erwiesen und zu einem völlig eindeutigen Resultat geführt, so wurde andererseits aber auch von verschiedenen Autoren über Ruhrimmunsera berichtet, welche mit einer Shiga-Kruse-Kultur hergestellt waren, aber trotzdem auch Flexner-Stämme annähernd gleich agglutinierten. Die ersten derartigen Angaben stammten von Shiga (7) selbst allerdings mit der einschränkenden Erklärung, daß vielleicht das betreffende Pferd, von welchem das Serum stammte, mit verschiedenen Kulturen behandelt worden sei. Lentz (8) machte Shiga gegenüber deshalb den Vorhalt, daß die Agglutinationsergebnisse dieses Serums nicht als einwandsfrei anzusehen seien. Später berichtete jedoch Gay, sowie Gay und Duval (9) ebenfalls, daß mit Shiga-Kruse-Kulturen hergestellte Pferdesera auch Flexner-Stämme und umgekehrt Flexner-Immunsera auch Shiga-Kulturen hoch mitagglutinieren. Nach ihrer Ansicht haben Martini und Lentz nur deshalb keine Mitagglutination zwischen den beiden Gruppen gefunden, weil das von ihnen benutzte Ziegenimmunserum nicht hochwertig genug war. Weiterhin hat Eisenberg (10) hochgradige Mitagglutination von Flexner-Stämmen durch Shiga-Immunsera, welche von Pferden gewonnen waren, beschrieben. Er machte zugleich darauf aufmerksam, daß sich die einzelnen Tierarten in dieser Hinsicht verschieden zu verhalten scheinen, und so z. B. Pferdeimmunsera Mitagglutination bewirken, Ziegensera dagegen nicht. Ferner wies er nach, daß schon normale Pferdesera häufig für Flexner-Bazillen Agglutinin in erheblichen Mengen, für Shiga-Bakterien dagegen nur spärlich enthalten. Kraus und Doerr (11) haben gleichfalls hochgradige Agglutination von Flexner-Stämmen durch normale Pferdesera beobachtet. Nach ihrer Ansicht kommt es bei der Immunisierung von Pferden mit Shiga-Kulturen durch die Behandlung auch zu einer so beträchtlichen Vermehrung des ursprünglich im Normalserum für Flexner vorhandenen Agglutinins, daß diese Sera unter Umständen späterhin Flexner-Bazillen erheblich höher agglutinieren können, wie selbst den zur Immunisierung benutzten Shiga-Stamm.

Das im Kaiserlichen Gesundheitsamte vorrätig gehaltene agglutinierende Ruhrserum, welches schon vor drei Jahren durch Immunisierung eines Esels mit einem Shiga-Kruse-Stamm gewonnen war, zeigte nun dasselbe Verhalten. Es agglutinierte die zu seiner Herstellung benutzte Shiga-Kultur, welche noch im Laboratorium weitergezüchtet wird, nur bis zu einer Verdünnung von 1 : 600, während für Flexner-Bazillen die Agglutinationsgrenze erst bei 1 : 1000 liegt. Eine Behandlung des Esels mit verschiedenen Stämmen ist in diesem Falle mit Sicherheit ausgeschlossen, da zur Zeit seiner Immunisierung im Sommer 1904 überhaupt nur diese eine Ruhrkultur im Laboratorium vorhanden war. Die Kultur erwies sich auch jetzt bei eingehender Prüfung auch hinsichtlich ihres Wachstums auf Mannitnährböden als echter Shiga-Kruse-Stamm. Bei Wiederaufnahme der Immunisierung des Esels, welcher in der Zwischenzeit nicht behandelt worden war, mit derselben Kultur schien es nun zunächst interessant, die jeweiligen Serumwerte für die beiden Typen genau systematisch zu kontrollieren, sodann aber auch das Verhalten normaler Eselsera den beiden Gruppen gegenüber zu prüfen, da nähere Angaben hierüber in der Literatur noch nicht mitgeteilt sind.

Vor Einleitung der Behandlung wurde dem Esel Blut entnommen und der Agglutinationstiter des Serums für die schon früher zur Immunisierung benutzte Shiga-Kultur, sowie für einen Flexner-Stamm bestimmt. Außerdem wurden 3 Ruhrstämme, welche von Herrn Stabsarzt Dr. Bofinger aus Südwestafrika mitgebracht und in dankenswerter Weise überlassen worden waren, und eine früher von Herrn Dr. Lentz gütigst zur Verfügung gestellte Y-Ruhrkultur zu den Untersuchungen benutzt.

Als Bazillus Y hatten zuerst Hiss und Russel ein dem Flexner-Bazillus nahestehendes aber von ihm differenzierbares Stäbchen bezeichnet, welches sie bei verschiedenen Ruhrepidemien in Nordamerika als Erreger festgestellt hatten. Nach der Mitteilung von Lentz (12) scheint entsprechend einer Reihe von Untersuchungsergebnissen aus neuester Zeit der Bazillus Y mit dem Kruseschen Bazillus der Pseudodysenterie der Irren identisch zu sein und bei der Ätiologie der Ruhr als Erreger einer bestimmten, verhältnismäßig leicht verlaufenden Form eine Rolle zu spielen.

Tabelle I gibt die bei der Serumprüfung erhaltenen Werte für die einzelnen Stämme.

Tabelle I.

Blutentnahme vom 24. 4. 07 vor Wiederaufnahme der Behandlung.

Stämme	Serum-Verdünnungen					
	1:20	1:50	1:100	1:300	1:600	1:800
1. Alte Shiga-Kultur	+	+	+	±	0	0
2. Flexner-Kultur	+	+	+	+	+	0
3. Y-Ruhr	+	+	+	+	+	0
4. Ruhr Helms	+	+	+	+	0	0
5. Ruhr Herero	+	+	+	+	0	0
6. Ruhr Hottentotte	+	+	+	+	0	0

Wie aus der Tabelle ersichtlich, führte die Prüfung zu dem auffallenden Ergebnis, daß das Serum des seit 3 Jahren nicht mehr behandelten Tieres den ursprünglich zur Immunisierung benutzten Shiga-Stamm und die drei aus Südwestafrika stammenden Kulturen noch 1 : 300, den Flexner- und den Y-Ruhrstamm sogar noch 1 : 600 agglutinierte.

Diese wie alle weiterhin noch erwähnten Agglutinationsprüfungen wurden jeweils in der Weise ausgeführt, daß eine Öse einer 24stündigen Agarkultur in 1 ccm der Serumverdünnung sorgfältig verrieben aufgeschwemmt wurde. Als positiv wurde das Resultat angesprochen, wenn auch makroskopisch eine deutliche Ausflockung zu sehen war, welche nach mehrmaligem kräftigem Schütteln der Röhrchen nicht schwand.

Zur Prüfung der agglutinierenden Wirkung von Seris normaler oder mit anderen Bakterien behandelter Esel auf die verschiedenen Ruhrstämme wurden von 7 Tieren die Sera untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II.

Sera	Stämme	Serum-Verdünnungen								
		1 : 10	1 : 25	1 : 50	1 : 80	1:100	1:150	1:200	1:300	1:400
Normaler Esel I.	Shiga-Stamm	+	±	0	0	—	—	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	+	+	+	0	—
	Y-Stamm	+	+	+	+	+	+	0	0	—
	Ruhr Helms	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	0	0	—	—	—	—	—
Normaler Esel II.	Shiga-Stamm	+	0	0	0	—	—	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	+	0	—	—	—
	Y-Stamm	+	+	+	±	0	0	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	0	0	0	—	—	—	—	—
Cholera Esel I.	Shiga-Stamm	+	+	+	0	0	—	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	+	+	+	0	0
	Y-Stamm	+	+	+	+	+	+	+	±	0
	Ruhr Helms	+	+	+	+	0	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	0	0	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	0	0	—	—	—	—
Cholera Esel V.	Shiga-Stamm	+	+	±	0	0	0	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	+	+	0	—	—
	Y-Stamm	+	+	+	+	+	+	+	0	—
	Ruhr Helms	+	+	+	+	0	0	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	±	0	0	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	0	0	0	—	—	—
Typhus Esel IV.	Shiga-Stamm	+	+	±	0	0	0	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	+	0	—	—	—
	Y-Stamm	+	+	+	+	+	0	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	+	±	0	0	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	0	0	0	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	±	0	0	—	—	—
Paratyph. B. Esel	Shiga-Stamm	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	+	+	±	0	—
	Y-Stamm	+	+	+	+	+	+	+	0	—
	Ruhr Helms	+	+	±	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	0	0	—	—	—	—	—
Rekurrens Esel	Shiga-Stamm	+	±	0	0	—	—	—	—	—
	Flexner-Stamm	+	+	+	+	±	0	—	—	—
	Y-Stamm	+	+	+	+	+	0	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	0	0	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	0	0	—	—	—	—	—

Aus diesen Untersuchungen ergab sich sonach, daß auch normale Eselsera und Sera von mit anderen Bakterien vorbehandelten Eseln ebenso, wie dies von **Eisenberg**, **Kraus** und **Doerr** für normale Pferdesera beschrieben worden ist, für Flexner-Stämme recht hohe Agglutinationskraft besitzen.

Die erneute Immunisierung des Esels erfolgte durch intravenöse Einspritzung abgetöteter Kultur. Es wurde mit recht kleinen Dosen (Anfangsdosis $^1/_{50}$ Öse der schon früher benutzten Shiga-Kultur) begonnen und allmählich bis zu 1 Öse gestiegen. Während der ersten Behandlungszeit wuchs die Agglutinationskraft des Serums sowohl für den Flexner- wie für die Shiga-Kruse-Stämme nur wenig; im späteren Verlauf aber nahm sie für Flexner ganz beträchtlich zu, während der Agglutinationstiter des Serums den Shiga-Kruse-Stämmen gegenüber auch weiterhin nur langsam ansteigend dagegen erheblich zurückblieb. Der Y-Ruhrstamm wurde zwar nicht so hoch wie Flexner, aber immer noch höher wie die Shiga-Kruse-Kulturen agglutiniert. Nach etwas mehr als 8 wöchiger Dauer mußte die weitere Behandlung des Esels aufgegeben werden, da das Tier, obwohl es als Höchstdosis nur 1 Öse erhalten hatte, sehr angegriffen war. Tabelle III gibt eine übersichtliche Zusammenstellung über das Anwachsen der Agglutinationskraft des Serums den verschiedenen Stämmen gegenüber.

Tabelle III.

Blutentnahme	Stämme	Serum-Verdünnungen											
		1 : 100	1 : 200	1 : 300	1 : 400	1 : 600	1 : 800	1 : 1000	1 : 2000	1 : 3000	1 : 4000	1 : 5000	1 : 6000
29. 4. 07	Shiga-Ruhr	+	+	±	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	0	—	—	—	—	—	—
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
24. 5. 07	Shiga-Ruhr	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	0	—	—	—	—	—	—
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—
1. 6. 07	Shiga-Ruhr	+	+	+	±	0	0	—	—	—	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	±	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	+	+	+	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	+	0	0	—	—	—	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	+	0	0	—	—	—	—	—	—
8. 6. 07	Shiga-Ruhr	+	+	+	+	±	0	0	0	0	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	+	0	—	—	—
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	0	0	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	+	+	+	+	0	0	0	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	+	+	+	0	0	0	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	+	+	±	0	0	0	—	—	—
22. 6. 07	Shiga-Ruhr	+	+	+	+	+	±	0	0	0	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	—
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	±	0	—	—	—
	Ruhr Helms	+	+	+	+	+	+	+	0	0	—	—	—
	Ruhr Herero	+	+	+	+	+	+	+	0	0	—	—	—
	Ruhr Hottentotte	+	+	+	+	+	+	±	0	0	—	—	—

Durch die Behandlung des Esels wurde sonach der Agglutiningehalt des Serums für den Flexner-Stamm bis zu einem fünfmal so hohen Titer gesteigert wie für die zur Immunisierung benutzte Shiga-Kruse-Kultur. Daß es sich aber dabei tatsächlich nur um Mitagglutination handelte, bewies wie bei den Untersuchungen von Eisenberg, Kraus und Doerr über Pferdeimmunsera, der Ausfall des Castellanischen Absorptionsversuchs. Bei Ausfällung des Immunserums mit Shiga-Kruse-Bazillen wurde, wie aus Tabelle IV ersichtlich, auch das Agglutinin für Flexner und Y mit herausgenommen, während bei Ausfällung des Serums mit dem Flexner- oder Y-Stamm die Agglutinine für Shiga nicht mit entfernt wurden.

Tabelle IV.

Stämme	Esel-Serum Entnahme vom 22. 6. 07	Verdünnungen			
		1:50	1:100	1:200	1:400
Shiga-Kultur	5 ccm einer Serum-Verdünnung 1:50 mit einer Kultur Shiga ausgefällt.	0	0	—	—
Flexner-Kultur		0	0	—	—
Y-Kultur		0	0	—	—
Ruhr Helms		0	0	—	—
Ruhr Herero		0	0	—	—
Ruhr Hottentotte		0	0	—	—
Shiga-Kultur	5 ccm einer Serum-Verdünnung 1:50 mit einer Kultur Flexner ausgefällt.	+	+	+	+
Flexner-Kultur		0	0	0	0
Y-Kultur		0	0	0	0
Ruhr Helms		+	+	+	+
Ruhr Herero		+	+	+	+
Ruhr Hottentotte		+	+	+	+
Shiga-Kultur	5 ccm einer Serum-Verdünnung 1:50 mit einer Kultur Y ausgefällt.	+	+	+	+
Flexner-Kultur		+	+	0	0
Y-Kultur		+	0	0	0
Ruhr Helms		+	+	+	+
Ruhr Herero		+	+	+	+
Ruhr Hottentotte		+	+	+	+

Ob nun die Erscheinung dieser hochgradigen Mitagglutination aber im Sinne der oben erwähnten Auffassung von Kraus und Doerr einfach durch die Annahme einer Vermehrung der schon im Normalserum enthaltenen Normalagglutinine für Flexner zu erklären ist, erscheint fraglich. Die Tatsache, daß die Normalagglutinine bei Absorptionsversuchen ein ganz anderes Verhalten zeigen, wie die Immunagglutinine, spricht eher gegen diese Annahme. Wird nämlich Normalserum mit einer Kultur der beiden Typen ausgefällt, so werden jeweils nur die der zur Ausfällung benutzten Kultur entsprechenden Normalagglutinine absorbiert. Wie Tabelle V zeigt, kommt es durch die Behandlung des Normalserums mit einem Shiga-Stamm nicht wie beim Immunserum auch zu einem Schwinden des im Normalserum enthaltenen Agglutinins für Flexner.

Tabelle V.

Stämme	Normal-Serum Esel 1[1]	Verdünnungen			
		1 : 10	1 : 20	1 : 50	1 : 100
Shiga-Kultur	5 ccm einer Serumverdünnung 1 : 5 gefällt mit einer Kultur Shiga.	0	0	0	0
Flexner-Kultur		+	+	+	+
Y-Kultur		+	+	+	+
Ruhr Helms		0	0	0	0
Ruhr Herero		0	0	0	0
Ruhr Hottentotte		0	0	0	0
Shiga-Kultur	5 ccm einer Serumverdünnung 1 : 5 gefällt mit einer Kultur Flexner.	+	±	0	0
Flexner-Kultur		+	+	0	0
Y-Kultur		+	+	0	0
Ruhr Helms		+	+	0	0
Ruhr Herero		+	±	0	0
Ruhr Hottentotte		+	+	0	0
Shiga-Kultur	5 ccm einer Serumverdünnung 1 : 5 gefällt mit einer Kultur Y.	+	±	0	0
Flexner-Kultur		+	+	+	0
Y-Ruhr		+	+	0	0
Ruhr Helms		+	+	0	0
Ruhr Herero		+	±	0	0
Ruhr Hottentotte		+	+	0	0

Auch bei der Untersuchung normaler Pferdesera hat Eisenberg bereits diese gegenseitige Unabhängigkeit der Normalagglutinine im Gegensatz zu den Agglutininen der Immunsera feststellen können und hervorgehoben, daß dieses differente Verhalten der Normal- und Immunagglutinine als Beweis gegen ihre Identität gedeutet werden könnte. Andrerseits wäre aber nach seiner Ansicht die Auffassung der Identität der Normal- und Immunagglutinine doch berechtigt oder möglich bei der Annahme, daß die den beiden Typen gemeinsamen Partialagglutinine nur einen sehr geringen Teil der Normalagglutinine ausmachen, sodaß im Normalserum ihre Absorption sich gar nicht bemerkbar macht, während ihre durch Immunisierung bewirkte beträchtliche Vermehrung sie erst leicht nachweisbar hervortreten läßt. Aber auch diese Erklärung erscheint nicht ausreichend, da, wie Eisenberg selbst erwähnt, dann nach Absorption der Shiga-Agglutinine im Immunserum ein dem ursprünglich im Normalserum enthaltenen Agglutinin für Flexner entsprechender Rest Flexneragglutinins zurückbleiben müßte. In unserem Falle sinkt aber bei Ausfällung des Immunserums mit einer Shiga-Kultur der Gehalt an Flexneragglutinin sicher beträchtlich unter den Grenzwert der Normalagglutinine für Flexner aller untersuchten Eselsera. Man wird daher doch wohl nicht ohne weiteres die Normal- und Immunagglutinine für identisch erklären können und wird nicht ohne die Annahme auskommen, daß es sich bei der Bildung der Agglutinine für Flexner im Immunserum nicht sowohl um eine Vermehrung des Normalagglutinins als vielmehr um eine eigentliche Neubildung eines Immunagglutinins, welches sich hinsichtlich seiner Avidität zu den Shiga-Kruse-Bazillen gegenüber dem

[1]) Agglutinationstiter des Serums für die einzelnen Stämme vergleiche Tabelle II.

Normalagglutinin verschieden verhält, handelt. Ja es kommt offenbar nach dem Ergebnis des mit dem Immunserum angestellten Absorptionsversuchs durch die Immunisierung sogar zu einem direkten Schwinden des Normalagglutinins. Es handelt sich anscheinend um ein allgemeineres Gesetz, daß die Immunagglutinine (-Ambozeptoren) sich von den entsprechenden Stoffen normaler Sera durch die Aviditätsverhältnisse unterscheiden. Bereits Landsteiner und Reich (22) haben auf diese starken Aviditätsunterschiede zwischen den in Normalseris und Immunseris enthaltenen Antikörpern hingewiesen. Neuere Untersuchungen von Müller (23) sprechen dafür, daß im Laufe der Immunisierung die Avidität der erzeugten Agglutinine allmählich zunimmt. Im vorliegenden Falle liegen die Verhältnisse insofern eigenartig, als es sich um die Avidität des Agglutinins nicht zu dem entsprechenden, sondern zu einem fremden Bakterienstamme handelt. Die neugebildeten Agglutinine mit erhöhter Avidität treten dabei nicht neben den Normalagglutininen auf, sondern die letzteren verschwinden vielmehr völlig.

Kann man nun auch bei dem Eselimmunserum mit Hilfe der Absorptionsmethode schließlich so ein eindeutiges Ergebnis bezüglich der Differenzierung der beiden Typen erhalten, so ist die Verwertbarkeit eines derartigen beide Gruppen beeinflussenden Serums für den praktischen Gebrauch recht fragwürdig, es liegt immer die Möglichkeit vor, daß seine Anwendung zu Täuschungen und Irrtümern Veranlassung geben kann. Es erschien daher wertvoll auch von anderen Tieren gewonnene Immunsera auf ihr Verhalten gegenüber den beiden Typen zu prüfen und festzustellen, ob sich wirklich entsprechend der Annahme Eisenbergs die einzelnen Tierarten verschieden verhalten. Zu diesen Untersuchungen wurden in erster Linie Kaninchen herangezogen. Die Prüfung normaler Sera dieser Tiere ergab weder für Shiga- noch für Flexner-Stämme das Vorhandensein von Agglutinin in irgend nennenswerter Weise. Die Tiere wurden nach dem Vorgehen Lüdkes mit lebender Kultur intravenös behandelt. Bekanntlich kommt den Shiga-Kruse-Bazillen speziell für Kaninchen im Gegensatz zu den Flexner-Bakterien eine äußerst starke Giftwirkung zu, sodaß Doerr (13) mit Recht direkt empfohlen hat, diesen Umstand für die Differenzierung der beiden Arten mit zu verwerten. Bei der Immunisierung mit Shiga wurde daher als Anfangsdosis nur $^1/_{200}$ Öse intravenös gegeben und allmählich bis $^1/_{20}$ Öse gestiegen. Nach Einspritzung von $^1/_{100}$ Öse hatte das Serum meist einen Titer von 1 : 200 bis 1 : 300. Von der Flexner- und der Y-Kultur erhielten die Tiere als Anfangsdosis in der Regel 1 Öse. Der Agglutinationstiter des Serums wuchs bei diesen Stämmen viel rascher und war nach 1 Öse meist bereits über 1 : 1000 gestiegen. In Tabelle VI (S. 366) sind die Agglutinationswerte verschiedener Kaninchensera für die einzelnen Stämme zusammengestellt.

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, findet in der Tat bei Kaninchenseris so gut wie keine Mitagglutination zwischen den beiden Gruppen statt, wohl aber beeinflußt das mit Flexner-Ruhr hergestellte Serum noch den Y-Stamm bis zur Titergrenze, während das Y-Serum Flexner-Ruhr zwar hoch aber nicht bis zum Grenzwert mit agglutiniert.

Tabelle VI.

Serum	Stämme	Verdünnungen							
		1:50	1:100	1:300	1:600	1:1000	1:3000	1:5000	1:10 000
Shiga-Kan. 1	Shiga-Ruhr	+	+	+	+	±	0	—	—
	Flexner-Ruhr	0	0	0	0	0	—	—	—
	Y-Ruhr	0	0	0	0	0	—	—	—
Shiga-Kan. 2	Shiga-Ruhr	+	+	+	+	0	—	—	—
	Flexner-Ruhr	0	0	0	0	0	—	—	—
	Y-Ruhr	0	0	0	0	0	—	—	—
Flexner-Kan. 4	Shiga-Ruhr	0	0	0	0	0	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	±
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	±
Y-Kan. 2	Shiga-Ruhr	0	0	0	0	0	—	—	—
	Flexner-Ruhr	+	+	+	+	+	+	0	0
	Y-Ruhr	+	+	+	+	+	+	+	0

Auch bei dieser Mitbeeinflussung zwischen Y- und Flexnerruhr handelt es sich nach dem Ausfall des Castellanischen Versuchs um Mitagglutinine.

Tabelle VII.

Serum	Stämme	Verdünnungen		Serum	Stämme	Verdünnungen	
		1:100	1:500			1:100	1:500
Flexner-Kan. Serum Titer 1:10 000 5 ccm 1:50 gefällt mit einer Kultur Flexner	Flexner-Ruhr Y-Ruhr	0 0	0 0	Y-Ruhr Kan. Serum Titer 1:5000 5 ccm 1:50 gefällt mit einer Kultur Flexner	Flexner-Ruhr Y-Ruhr	0 +	0 +
Dasselbe Serum mit einer Kultur Y gefällt	Flexner-Ruhr Y-Ruhr	+ 0	+ 0	Dasselbe Serum mit einer Kultur Y gefällt	Flexner-Ruhr Y-Ruhr	0 0	0 0

Besondere Erwähnung verdient schließlich noch der Umstand, daß bei Kaninchenimmunseris die Agglutination mit Shiga-Kruse-Bakterien unter Umständen recht langsam verläuft und mitunter erst nach 24 Stunden bis zur Titergrenze abgelaufen ist. Bei Flexner- und Y-Ruhr wurde diese Erscheinung nicht so beobachtet, spätestens nach 5 Stunden war bei diesen Bakterien auch in den Grenzwertverdünnungen die Reaktion beendet.

Zusammengefaßt ergibt sich also, daß normale Eselsera in erheblichen Mengen Agglutinin für Flexner-Bazillen, weniger für Shiga enthalten. Bei Immunisierung von Eseln mit Shiga-Kruse-Stämmen kann eine solch beträchtliche Mitagglutination von Flexner- und Y-Kulturen in Erscheinung treten, daß der Titer des Serums für diese Gruppe den für Shiga um das Mehrfache übersteigt. Da nach ihrem verschiedenen

Verhalten gegenüber dem Castellanischen Absorptions-Versuch die Normalagglutinine und die Agglutinine der Immunsera für Flexner nicht als identisch anzusehen sind, so ist das Auftreten der Flexner-Agglutinine im Immunserum nicht als eine Vermehrung des im Normalserum enthaltenen Agglutinins sondern als eine direkte Agglutininneubildung auch für den heterologen Stamm im Immunserum aufzufassen, während die Normalagglutinine selbst verschwinden. Das Serum eines immunisierten Esels kann eine nicht unbeträchtliche Agglutinationskraft für beide Typen über Jahr und Tag behalten.

Eselimmunsera eignen sich zu einer Differenzierung der beiden Ruhrtypen nicht. Dagegen sind für diesen Zweck von Kaninchen gewonnene Sera gut zu gebrauchen, da bei ihnen so gut wie keine Mitagglutination zwischen den beiden für die Praxis hauptsächlich in Betracht kommenden Gruppen auftritt. Diese Erscheinung bestätigt die von Eisenberg ausgesprochene Ansicht, daß das Auftreten von Agglutination zwischen den beiden Typen nach der Tierart ganz verschieden sein kann. Zu beobachten ist bei der Benutzung von Kaninchenimmunseris, daß die Agglutination für Shiga-Bazillen recht langsam verläuft und oft erst nach 24 Stunden abgeschlossen ist. Die von Kaninchen gewonnenen Flexner Immunsera agglutinieren Y-Ruhr-Stämme bis zur Titergrenze, Y-Kaninchensera dagegen Flexner-Bazillen zwar ebenfalls hoch aber nicht bis zum Grenzwert.

II. Komplementablenkung.

Dopter (14), welcher bezüglich der Differenzierung der Ruhrbakterien mittels der Agglutination im allgemeinen auf dem Standpunkte steht, daß eine Mitagglutination zwischen den beiden Gruppen nur selten und als Ausnahme auftritt, hat zuerst die verschiedenartigen Ruhrerreger mit der Bordetschen Komplementablenkungsmethode geprüft. Er hat bei diesen Untersuchungen, sowohl mit von Tieren gewonnenen Immunseris wie mit Patientenseris positive Ausschläge erhalten und zwar wirkten die einzelnen Sera mit den verschiedenen Stämmen nach seinen Angaben in vollkommen gleicher Weise, einerlei ob die den Seris entsprechenden oder heterologe Stämme dabei Anwendung gefunden hatten. Auf Grund dieses Ergebnisses behauptet Dopter, daß die verschiedenen Ruhrstämme trotz etwaiger sonstiger Differenzen in ihrem biologischen Verhalten als artgleich anzusehen sind, weil die Bordetsche Komplementablenkungsmethode zurzeit die spezifischste und schärfste biologische Reaktion darstelle.

Bei unseren (15) und Ruffers (16) Untersuchungen über die El Tor-Vibrionen hatte sich nun ebenso wie bei denen von Schütze (17) über Cholera- und Cholera-ähnliche Vibrionen gerade die Komplementablenkungsmethode als weniger spezifisch erwiesen als die übrigen Immunitätsreaktionen. Die von Schütze angestellten Untersuchungen über das Verhalten der Ruhrbakterien gegenüber der Bordetschen Reaktion haben nach einer kurzen Angabe dieses Autors bisher zu keinem eindeutigen Ergebnis geführt. Es erschien daher eine Nachprüfung der Dopterschen Befunde wünschens-

wert, zumal die von Dopter angewandte Methode kein genügend quantitatives Arbeiten gestattet hatte.

Gleich bei den ersten Versuchsreihen machte sich zwischen den Shiga-Kulturen einerseits und der Flexner- und Y-Kultur andrerseits ein auffallender Unterschied bemerkbar. Es zeigte sich nämlich, daß dem Flexner- und Y-Stamm eine an und für sich viel stärkere komplementablenkende Wirkung zukam wie den Shiga-Stämmen. Während sich bei den Versuchen für Shiga die Anwendung von $^1/_5$ Öse abgetöteten ($^3/_4$ Stunden bei 70°) Kulturmaterials (von 24 stündiger Agarkultur in 1 ccm physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt) für die Komplementbindung am geeignetsten erwies, übte dieselbe Kulturmenge eines Flexner- oder Y-Stammes schon mit Normalserum und eventuell für sich allein eine ablenkende Wirkung aus. Tabelle VIII und IX enthalten derartige Versuchsreihen bei Anwendung gleicher Kulturmengen von $^1/_5$ Öse. Zugleich sei hier auch für die später angeführten Protokolle erwähnt, daß die in einer Tabelle mitgeteilten Versuche stets gleichzeitig mit demselben Komplement und denselben in gleicher Weise sensibilisierten Blutkörperchen angestellt wurden. Kulturmaterial, Serum und Komplement (von Meerschweinchen) wurden 1 $^1/_2$ Stunde (auch diese Reaktion verläuft zwischen Shiga-Bazillen und Shiga-Serum verhältnismäßig langsam) bei 37° gehalten, dann jedem Röhrchen 1,0 gewaschene Hammelblutkörperchen (1 : 20) und 0,003 hämolytischer Ambozeptor (Kaninchen) zugefügt. Blut und Ambozeptor waren vorher 1 Stunde bei 37° gehalten.

Tabelle VIII.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit		
				$^1/_5$ Öse Shiga	$^1/_5$ Öse Flexner	$^1/_5$ Öse Y
1	0,03	Spez. Esel-Ser. vom 22. 6. 07	0,1 Meerschw.-Kompl.	fast 0	±	0
2	0,01		0,1 „	±	±	fast 0
3	0,003		0,1 „	+	fast 0	0
4	0,001		0,1 „	++	±	±
5	0,0003		0,1 „	+	±	+
6	0,05	Normales Serum Esel 1	0,1 „	++	fast 0	fast 0
7	0,01		0,1 „	++	±	±
8	0,003		0,1 „	++	+	+
9	—		0,1 „	++	+	+
10	—		—	0	0	0

Allgemeine Kontrollen ohne Zusatz von Kultur:

1. 0,1 Meerschw.-Serum + Hämolytisches System = +++
2. 0,1 Meerschw.-Serum + nicht sensib. Blutkörperchen = 0
3. 1,0 Kochsalz + Hämolyt. System = 0.

0 = keine Hämolyse, ± = schwache, + starke, ++ = fast komplette, +++ = komplette Lysis.

Tabelle IX.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit		Nr.	Menge und Art des Serums		Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit	
				1/2 Öse Shiga	2/5 Öse Flexner				1/5 Öse Shiga	1/5 Öse Flexner
1	0,1		0,1 Meerschw.-Kompl.	fast 0	+	1	0,1		++	0
2	0,05	Spez.	0,1 „	.±	±	2	0,05	Spez.	++	0
3	0,03	Shiga-	0,1 „	±	±	3	0,03	Flexner	++	0
4	0,01	Kan.-	0,1 „	±	±	4	0,06	Kan.-	++	0
5	0,003	Serum	0,1 „	+	±	5	0,003	Serum	++	0
6	0,001		0,1 „	+	±	6	0,001		++	fast 0
7	0,0003		0,1 „	++	±	7	0,0003		++	±
8	0,1	Normal.	0,1 „	++	±	8	0,1	Norm.	++	±
9	0,05	Kan.-	0,1 „	++	±	9	0,05	Kan.-	++	±
10	0,03	Serum	0,1 „	++	±	10	0,03	Serum	++	±
11	—		0,1 „	++	±	11	—		++	±
12	—		—	0	0	12	—		0	0

Um die Ablenkung des Komplements durch das Kulturmaterial in Verbindung mit Normalserum oder durch das Kulturmaterial allein auszuschalten wurde bei den weiteren Versuchen für den Flexner- und den Y-Stamm bis auf 1/10 Öse heruntergegangen. Diese Kulturmengen genügten aber noch vollkommen, um eine spezifische Komplementfixation deutlich hervortreten zu lassen, wie aus den nachstehenden Protokollen, welche Ergebnisse der weiteren Versuche enthalten, hervorgeht.

Tabelle X.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit	
				2/3 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner
1	0,03	Spez.		0	0
2	0,01	Esel-Ser.		0	0
3	0,003	vom	0,1	fast 0	fast 0
4	0,001	22. 6. 07	Meer-	fast 0	+
5	0,0003		schw.-	+	+++
6	0,03	Normal.	Kom-	+++	+++
7	0,01	Serum	plement	+++	+++
8	0,003	Esel 1		+++	+++
9	—			+++	+++
10	—		—	0	0

Tabelle XI.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der der Hämolyse nach 24 Std. mit	
				1/3 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner
1	0,03	Spez.		0	fast 0
2	0,01	Esel-Ser.		fast 0	±
3	0,003	vom	0,08	±	+
4	0,001	22. 6. 07	Meer-	+	++
5	0,0003		schw.-	++	+++
6	0,03	Normal.	Kom-	+++	++
7	0,01	Serum	plement	+++	+++
8	0,003	Esel 1		+++	+++
9	—			+++	+++
10	—		—	0	0

Tabelle XII.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit		
				1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner	1/10 Öse Y
1	0,03	Spez. Esel-Ser. vom 22. 6 07	0,1 Meerschw.-Kompl.	0	fast 0	fast 0
2	0,01		0,1 „	fast 0	±	±
3	0,003		0,1 „	±	+	+
4	0,001		0,1 „	+	++	++
5	0,0003		0,1 „	++	+++	+++
6	0,03	Normales Serum Esel 1	0,1 „	+++	+++	+++
7	0,01		0,1 „	+++	+++	+++
8	0,003		0,1 „	+++	+++	+++
9	—		0,1 „	+++	+++	+++
10	—		—	0	0	0

Tabelle XIII.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit		Menge und Art des Serums		Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit	
				1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner			1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner
1	0,03	Spez. Shiga-Kan.-Serum	0,1 Meerschw.-Kompl.	0	+	0,03	Spez. Flexner-Kan.-Serum	+++	0
2	0,01		0,1 „	0	+++	0,01		+++	0
3	0,003		0,1 „	fast 0	+++	0,003		+++	0
4	0,001		0,1 „	±	+++	0,001		+++	fast 0
5	0,0003		0,1 „	+	+++	0,0003		+++	+
6	0,03	Normal. Kan.-Serum	0,1 „	+++	++	0,03	Normal. Kan.-Serum	+++	++
7	0,01		0,1 „	+++	+++	0,01		+++	+++
8	0,003		0,1 „	+++	+++	0,003		+++	+++
9	—		0,1 „	+++	+++	—		+++	+++
10	—		—	0	0	—		0	0

Tabelle XIV.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit		Menge und Art des Serums		Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit	
				1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner			1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner
1	0,03	Spez. Shiga-Kan.-Ser.	0,1 Meerschw.-Kompl.	fast 0	++	0,03	Spez. Flexner-Kan.-Ser.	++	fast 0
2	0,01		0,1 „	±	+++	0,01		+++	0
3	0,003		0,1 „	+	+++	0,003		+++	fast 0 ·
4	0,001		0,1 „	+++	+++	0,001		+++	±
5	0,0003		0,1 „	+++	+++	0,003		+++	±
6	0,03	Normal. Kan.-Serum	0,1 „	+++	++	0,03	Normal. Kan.-Serum	+++	++
7	0,01		0,1 „	+++	+++	0,01		+++	+++
8	0,003		0,1 „	+++	+++	0,003		+++	+++
9	—		0,1 „	+++	+++	—		+++	+++
10	—		—	0	0	—		0	0

Tabelle XVa.

Nr.	Menge und Art des Serums		Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit		
				1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner	1/10 Öse Y
1	0,03	Spez. Shiga-Kan.-Ser	0,1 Meerschw.-Kompl.	0	±	±
2	0,01		0,1 „	±	+	++
3	0,003		0,1 „	±	++	+++
4	0,001		0,1 „	+	+++	+++
5	0,0003		0,1 „	+++	+++	+++
6	0,03	Normal. Kan.-Serum	0,1 „	+++	+++	+++
7	0,01		0,1 „	+++	+++	+++
8	0,003		0,1 „	+++	+++	+++
9	—		0,1 „	+++	+++	+++
10	—		—	0	0	0

Tabelle XVb.

Nr.	Menge und Art des Serums		Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit		
			1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner	1/10 Öse Y
1	0,03	Spez. Flexner-Kan.-Serum	+++	0	±
2	0,01		+++	fast 0	++
3	0,003		+++	±	+++
4	0,001		+++	+	+++
5	0,0003		+++	++	+++
6	0,3	Normal. Kan. Serum	+++	+++	+++
7	0,1		+++	+++	+++
8	0,003		+++	+++	+++
9	—		+++	+++	+++
10	—		0	0	0

Tabelle XVc.

Nr.	Menge und Art des Serums		Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit		
			1/5 Öse Shiga	1/10 Öse Flexner	1/10 Öse Y
1	0,03	Spez. Y-Kan.-Serum	+++	±	0
2	0,01		+++	++	fast 0
3	0,003		+++	+++	±
4	0,001		+++	+++	±
5	0,0003		+++	+++	+
6	0,03	Normales Kan.-Serum	+++	+++	+++
7	0,01		+++	+++	+++
8	0,003		+++	+++	+++
9	—		+++	+++	+++
10	—		0	0	0

Die Durchsicht der Protokolle (Tabellen X—XV) zeigt, daß in der Tat bei dem Eselserum einstarkes, bei den Kaninchenseris ein schwächeres Übergreifen der Bordetschen Reaktion auch auf die heterologen Stämme stattfindet. Immerhin löst aber das Eselserum bei dieser Prüfung nicht wie es bei der Agglutination der Fall ist mit dem heterologen Stamme die stärkere Reaktion aus, sondern mit dem homologen. Die ablenkende Wirkung des Eselserums mit der allein keine Ablenkung mehr bewirkenden Kulturmenge Flexner bleibt immer hinter der durch die Shiga-Kultur hervorgerufenen zurück. Der Gehalt des Serums an Bordetschen Antikörpern ist sonach für Shiga höher wie für Flexner.

Aber auch bei der Anwendung von Kaninchenseris sieht man eine hemmende Beeinflussung der Hämolyse durch die nicht entsprechenden Stämme. Dieselbe ist aber nicht immer vorhanden, stets gering und z. B. nicht stärker, als man sie bei Choleraseris und choleraähnlichen Vibrionen jederzeit finden kann. Jedenfalls kann aber aus diesem Übergreifen nicht, selbst wenn die Mitbeeinflussung bedeutender wäre, auf die Artgleichheit der verschiedenen Ruhrerreger geschlossen werden, vielmehr muß wohl eher der Ausfall der Prüfung in dem Sinne Verwertung finden, daß auch hier die Komplementablenkung, selbst bei Anwendung von Kaninchenseris, nicht so spezifisch verläuft wie andere Immunitätsreaktionen, — in diesem Falle die Agglutination, — und daß sie sich daher auch bei Ruhr nicht zu einer sicheren Differenzierung der verschiedenen Ruhrerreger als brauchbar erweist.

III. Phagocytose.

Von besonderem Interesse erschien es schließlich die bakteriotrope Wirkung sowohl des Eselimmunserums wie auch der Kaninchensera auf die verschiedenen Stämme zu prüfen. In der Literatur liegt eine Angabe von Wright und Douglas (18) über die Einwirkung von normalem Serum auf die Phagocytose der Ruhrbazillen vor. Die Autoren brachten in vitro menschliche Leukocyten (Sediment aus menschlichem Blut) mit Ruhrbazillen zusammen und setzten teils aktives, teils inaktiviertes Serum von zwei normalen Personen hinzu. Sie fanden in den Röhrchen mit inaktiviertem Serum gar keine oder äußerst geringe Phagocytose, während in den mit aktivem Serum versetzten Röhrchen die Leukocyten durchschnittlich 3—5 Bazillen aufgenommen hatten. Was das Schicksal der aufgenommenen Bazillen betrifft, so konnten Wright und Douglas an denselben keine Veränderungen feststellen, sie fanden unter den von Leukocyten gefressenen, aber ebenso auch unter den freiliegenden Bazillen einzelne in Degeneration begriffen. Dean (19) berichtet über einen Versuch mit Shiga-Kruse-Bazillen und dem Serum je eines normalen und eines immunisierten Pferdes. Beide Sera wurden durch Erhitzen auf 60° inaktiviert und mit menschlichem Blutsediment und den Bazillen gemischt. In dem Röhrchen mit normalem Serum trat nur sehr geringe (durchschnittlich 1,5), in dem mit Immunserum dagegen starke Phagocytose (durchschnittlich 25) auf. Zu den nachstehend mitgeteilten Untersuchungen wurden nur Meerschweinchenleukocyten benutzt. Auch sonst wurde bei den Untersuchungen dieselbe Versuchstechnik angewendet, wie sie von Neufeld und Rimpau (20) und Neufeld und Hüne (21) angegeben und beschrieben ist, es wurden je 1 Tropfen

einer dichten Kulturaufschwemmung, 1 Tropfen der betreffenden Serumverdünnung und 2 Tropfen Leukocyten $1^1/_2$—2 Stunden bei 37° gehalten und dann Präparate aus den Bodensätzen angefertigt. Von den Protokollen seien nur die folgenden, aus welchen alles Wesentliche hervorgeht, angeführt.

Tabelle XVI.

Phagocytose in vitro.

Serumverdünnungen	Spez. Esel-Serum		Spez. Shiga-Kan.-Serum		Spez. Flexner-Kan.-Serum		Normales Esel-Serum (inaktiviert)		Normales Kan.-Serum (inaktiviert)	
	Shiga	Flexner	Shiga	Flexner	Shiga	Flexner	Shiga	Flexner	Shiga	Flexner
1 : 40	sehr stark	mäßig	zieml. stark	0	0	stark	0	0	0	0
1 : 200	mäßig	fast 0	0	0	0	mäßig				

Tabelle XVII.

Phagocytose in vitro.

Meerschweinchen-Komplement-Kontrolle = mäßig.
„ „ „ 1 : 4 = fast 0.
} 1 Tropfen Komplement + 1 Tropfen Kulturaufschwemmung Y + 2 Tropfen Leukocyten.

Serumverdünnungen	Spez. Shiga-Esel-Serum +			Spez. Flexner-Kan.-Serum +		Spez. Y-Kan.-Serum +		Spez. Esel-Serum	
	Shiga	Flexner	Y	Flexner	Y	Flexner	Y	+ Meerschw.-Kompl. 1 Tropfen + Y	+ Meerschw.-Kompl. 1 : 4 1 Tropfen + Y
1 : 20	mäßig	stark	mäßig stark	stark	stark	gering	stark	stark	mäßig stark
1 : 80	stark	stark	stark	stark	mäßig	fast 0	stark	stark	stark
1 : 200	recht stark	mäßig	gering	mäßig	gering	0	stark	mäßig	gering
1 : 400	mäßig	fast 0	fast 0	gering	fast 0	0	mäßig	mäßig	fast 0
1 : 800	fast 0	0	0	0	0	0	gering	mäßig	0

Tabelle XVIII.

Phagocytose in vitro.

Meerschweinchen-Komplement-Kontrolle = mäßig.
„ „ „ 1 : 4 = fast 0.

Serumverdünnungen	Spez. Esel-Serum + Meerschw.-Komplement 1 Tropfen + Shiga	Spez. Esel-Serum + Meerschw.-Kompl. 1 : 4 1 Tropfen + Shiga	Spez. Esel-Serum + Shiga	Normales Esel-Serum inaktiviert + Shiga
1 : 20	stark	recht stark	stark	0
1 : 100	mäßig	mäßig	mäßig stark	—
1 : 400	mäßig	fast 0	0	—

Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, kommt allen angewandten, sowohl dem Esel- wie den Kaninchen-Ruhr-Immunseris eine deutliche bakteriotrope Wirkung zu. Dabei beeinflußt auch hier das Shiga-Eselserum nicht nur Shiga-Kruse- sondern auch Flexner- und Y-Bazillen, die ersteren allerdings in stärkerer Weise wie die beiden letzten, den Y-Stamm am schwächsten. Inaktiviertes normales Eselserum enthält ebenso wie inaktiviertes normales Kaninchenserum weder Shiga- noch Flexner- oder Y-Tropin, es ist also durch die Behandlung des Esels mit einem Shiga-Stamme auch das heterologe Flexner- und Y-Tropin neu gebildet worden. Demgegenüber zeigen die Kaninchensera ebenfalls bei dieser Reaktion das spezifischere Verhalten.

Auf Bakterien der Flexner-Gruppe übt das Shiga-Kaninchenserum nicht den geringsten bakteriotropen Einfluß aus und ebenso verhält sich Flexner-Kaninchenserum gegenüber den Shiga-Kruse-Bazillen. Wohl aber hat das Flexner-Kaninchenserum auch auf die Y-Ruhr eine bakteriotrope Wirkung, die Mitbeeinflussung ist aber lange nicht so hervortretend und weitgehend, wie es bei der Agglutination der Fall ist. Das Übergreifen des Y-Kaninchenserums auf Flexner ist nur sehr schwach, nur eben noch erkennbar. Die bakteriotrope Serumwirkung erscheint hier sonach spezifischer wie die Agglutination.

Die Versuche, ob durch Zusatz von Komplement die spezifische bakteriotrope Immunserum-Wirkung verstärkt wird, hatten keinen positiven Erfolg. Es tritt wohl bei Komplementzusatz zu dem Immunserum eine um ein geringes vermehrte Phagocytose auf, diese Vermehrung entspricht aber nur der schwachen, phagocytosebefördernden Wirkung des frischen Meerschweinchenserums selbst (Tabelle XVII u. XVIII). Diese von frischem Meerschweinchenserum hervorgerufene Phagocytose beruht jedoch nicht auf einer bakteriotropen Wirkung des Serums im eigentlichen Sinne, sondern sie ist von der Einwirkung des Komplements zusammen mit den Normalamboceptoren des Meerschweinchenserums abhängig und entspricht der von Wright und Douglas beschriebenen Opsonin-Wirkung. Inaktiviertes Meerschweinchenserum hatte dementsprechend gar keinen phagocytosebefördernden Einfluß.

Was endlich nun die bei dem Phagocytosevorgang selbst zu beobachtenden Erscheinungen anbelangt, so sei hier zum Schlusse als für alle angewandten Stämme und für alle benutzten Sera gültig hervorgehoben, daß bei den eine starke bakteriotrope Serumwirkung ausübenden Serumverdünnungen in den Präparaten nur noch wenige Bakterien sich außerhalb der Leukocyten fanden. Dieselben zeigten aber alle gut erhaltene Stäbchenform. Im Gegensatz dazu waren die von den Leukocyten aufgenommenen Bakterien fast durchweg bereits in kleine punktförmige oder gequollene kugelförmige, den Pfeifferschen Granula vergleichbare aber doch schon durch ihre sehr unregelmäßige Form und wechselnde Größe von diesen verschiedene Degenerationsformen verwandelt, wie sie von Neufeld und Hüne für Cholera-, Typhus- und die Bazillen der Hogcholera-Gruppe beschrieben sind. Einigermaßen erhaltene Bakterien wurden in den Leukocyten nur ausnahmsweise gefunden. Die aufgenommenen Ruhrbakterien verfallen also entgegen der Beschreibung von Wright (18) in den Leukocyten offenbar einer verhältnismäßig rasch einsetzenden Verdauung. Die Leukocyten selbst ließen keinerlei Schädigung erkennen. In den unwirksamen Serumverdünnungen und

ebenso in den Kontrollen fanden sich als geradezu charakteristische Bilder die einzelnen Leukocyten jeweils von einem dichten Kranz oder Wall gut erhaltener Ruhrbazillen umgeben, sodaß es den Eindruck machte, als ob die Bakterien direkt den Zellen anklebten. Trotzdem war in diesen Fällen nicht die geringste Phagocytose zu sehen, ein Beweis dafür, daß die spezifische Phagocytose nichts mit positiver Chemotaxis zu tun hat, wie dies häufig angegeben wird.

Es ist wohl nicht zu bezweifeln, daß die starke und noch in beträchtlicher Verdünnung nachweisbare bakteriotrope Wirkung des Ruhrserums bei der Schutz- und Heilwirkung des Serums eine wichtige Rolle spielt. Daß bei der Immunisierung mit Shiga-Bazillen spezifische Bakteriolysine auftreten können, ist von Shiga (7) durch Plattenversuche festgestellt worden. Die Untersuchungen von Kraus u. a. haben ferner gelehrt, daß im Shiga-Immunserum Antitoxine auftreten. Es sind somit alle drei Arten von spezifischen Schutzstoffen, die uns heute bekannt sind, im Shiga-Ruhrserum enthalten. Bekanntlich wird insbesondere von Kraus die Heilwirkung des Ruhrserums hauptsächlich auf das Antitoxin zurückgeführt, während Shiga und Kruse die bakterizide Serumwirkung in den Vordergrund gestellt hatten. Unserer Ansicht nach sollte bei künftigen Untersuchungen auch die bakteriotrope Wirkung nicht vernachlässigt werden. Einmal kann es den neueren Untersuchungen zufolge nicht mehr zweifelhaft sein, daß die Bakteriotropine mit den bakteriziden Amboceptoren nicht identisch sind. Vor allem aber dürfte auch praktisch ein wichtiger Unterschied insofern bestehen, als ein bakteriotropes Serum im Gegensatz zum bakteriziden Serum nicht nur eine Abtötung der Keime, sondern durch die intrazelluläre Verdauung derselben auch ihre Entgiftung bewirkt, und dieser Unterschied wird gerade bei einem Bakterium, dessen Leibessubstanzen so stark giftig sind, wie das bei dem Shiga-Kruse-Bazillus der Fall ist, von besonderer Bedeutung sein.

Literatur.

1. Martini u. Lentz, Zeitschrift für Hygiene, Bd. 41.
2. Lentz, Zeitschrift für Hygiene, Bd. 41.
3. Lüdke, Zentralblatt für Bakteriologie 1905.
4. Jürgens, Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens 1901 und Zeitschrift für Klinische Medizin, Bd. 51.
5. Doerr, Zentralblatt für Bakteriologie 1905.
6. Bofinger, Archiv für Schiffs- und Tropenhygiene 1906, Bd. 10.
7. Shiga, Zeitschrift für Hygiene, Bd. 41.
8. Lentz, Kolle-Wassermanns Handbuch der pathogenen Mikroorganismen.
9. The types of B. dysenteriae (Shiga) in relation to bakteriolysis and serum-therapy. In experimental study. Univ. of Penn. Med. Bull. 1903. Zitiert nach Eisenberg. Wiener klin. Wochenschrift 1904.
10. Eisenberg, Wiener Klinische Wochenschrift 1904.
11. Kraus u. Doerr, Zeitschrift für Hygiene, Bd. 55.
12. Lentz, Klinisches Jahrbuch 1907, Bd. 17.

13. Doerr, Das Dysenterietoxin, 1907.
14. Dopter, Bulletin de l'Institut Pasteur 1906.
15. Neufeld u. Haendel, Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 1907, Bd. 26.
16. Ruffer, The Brit. medic. Journ. 1907.
17. Schütze, Berl. klin. Wochenschr. 1907.
18. Wright u. Douglas, Proc. roy. Soc. Bd. 73, S. 128.
19. Dean, Proc. roy. Soc. Vol. 76, S. 519, 1905.
20. Neufeld u. Rimpau, Deutsche med. Wochenschrift 1904.
21. Neufeld u. Hüne, Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte 1907, Bd. 25.
22. Landsteiner u. Reich, Zentralblatt für Bakteriologie 1905, Bd. 39.
23. Müller, Archiv für Hygiene 1907.

Aus der Kaiserlichen bakteriologischen Anstalt für Lothringen zu Metz.

Bazillenträger und Typhusverbreitung.

Von

Dr. E. Baumann,

Stabsarzt im 3. Schlesischen Inftr.-Regt. Nr. 156, früher kommandiert zur Anstalt.

Während man bis vor kurzem zur Erklärung der Entstehung von Typhuserkrankungen hauptsächlich die Infektion durch das Wasser heranzog, ist seit wenigen Jahren durch R. Kochs eigene Arbeit und weiterhin auch durch die im Südwesten des Reiches eingerichtete Typhus-Bekämpfung festgestellt, daß die Hauptmasse der Typhusfälle nicht dem Wasser, sondern der Berührung mit den Kranken, dem „Kontakt", sei es mittelbar, sei es unmittelbar ihre Entstehung verdanken. Es hat sich ferner ergeben, daß es nicht nur Kranke, sondern klinisch völlig Gesunde sein können, die so zur Weiterverbreitung des Typhus beitragen. Diese sogenannten Bazillenträger oder Typhusträger können nun entweder selber bereits Typhus überstanden haben, oder, was seltener der Fall zu sein scheint, sie scheiden Bazillen aus, ohne vorher klinisch an Typhus gelitten zu haben. Die Ausscheidung der Typhusbazillen erfolgt selten mit dem Urin, meist im Stuhlgang und hält oft jahrelang, vielleicht zeitlebens an. Die anfallsweise oder auch ständige Ausscheidung beruht wahrscheinlich darauf, daß die Typhusbazillen in der Gallenblase nach überstandener Krankheit weiterwuchern und von da mit der Galle, die ja ein guter Nährboden für Typhusbazillen ist, in den Darm gelangen. Derartige Bazillenträger können natürlich nur da ermittelt und auch unschädlich gemacht werden, wo bakteriologische Untersuchungen auch der Umgebung der Typhuskranken (Familie, Hausgenossen) vorgenommen werden, wie z. B. im Südwesten des Reichs. Dem Laien ist natürlich schwer glaubhaft zu machen, daß völlig Gesunde, wie die Bazillenträger, ansteckungsfähig sind. Aber auch selbst Fachmänner sind noch von der Unschädlichkeit der Bazillenträger überzeugt. So behauptet z. B. Geh. Med. Rat Richter in einer Veröffentlichung, eine Ansteckungsfähigkeit der Bazillenträger sei nicht zu befürchten, da die mit dem Stuhl oder Urin in die Abortgruben entleerten Typhuskeime der Bazillenträger bald abstürben, die im Freien entleerten aber durch Einwirkung des Sonnenlichtes bald zugrunde gingen. Diese etwas optimistische Auffassung ist wohl theoretisch ganz richtig, aber in der Praxis kann sicher durch Infizierung der Hände, Leib- und Bettwäsche, Abort-

sitzbretter usw. eine Übertragung von Typhuserregern durch Bazillenträger erfolgen, wie die bei der Typhusbekämpfung im Südwesten des Reichs gemachten Beobachtungen gelehrt haben.

Es ist deshalb von Wichtigkeit, möglichst viel Fälle, bei denen eine Ansteckung durch Bazillenträger mit ziemlicher Sicherheit erwiesen ist, mitzuteilen, um die Gefährlichkeit derselben zu zeigen. Im folgenden sei deshalb eine im Bereich der bakteriologischen Anstalt zu Metz beobachtete kleine Epidemie beschrieben, die von einem Bazillenträger ausging.

Es handelte sich um einen 66jährigen Landwirt Leonhard E., Pächter von zwei freiliegenden, zur Gemeinde J. gehörigen Höfen G. und R., der niemals Typhus oder typhusähnliche Krankheiten durchgemacht haben wollte. Wie jedoch nachträglich ermittelt wurde, litt er seit mehreren Jahren an Gallensteinkoliken. Es gelang erst später, nachdem bereits mehrere Erkrankungen vorgekommen waren, ihn durch die bakteriologische Untersuchung als Bazillenträger zu ermitteln. Dies war umso schwieriger, als die aus seinem Stuhlgang gezüchteten verdächtigen Bazillen schwer, teilweise gar nicht agglutiniert wurden, und da ferner anfangs durchaus kein Verdacht vorlag, daß er die Ansteckungsquelle sein könnte.

Um die Schwierigkeiten der Ermittelungen zu zeigen, ist es am besten, den ganzen Sachverhalt nach seiner Entwickelung darzustellen.

Ende August 1906 wurde von der bakteriologischen Anstalt zu Hagenau gemeldet, daß ein im Krankenhaus zu S. liegender Typhuskranker Michel M. sich wahrscheinlich auf dem bereits erwähnten Hofe G. angesteckt habe. Da dieser Hof im Bezirk der bakteriologischen Anstalt Metz liegt, war es Aufgabe dieser, dort örtliche Ermittelungen vorzunehmen. Hierbei wurde festgestellt, daß der Typhuskranke M. nur im Sommer vorübergehend in G. als Schäfer anwesend gewesen sei, nur mittags zum Essen das Gehöft betreten, selbst nachts auf dem Felde geschlafen habe. Im Gehöft sei nie, namentlich auch nicht in letzter Zeit, ein Typhusfall oder dergl. vorgekommen, in dem 0,5 km entfernten Hof R. sei aber eine Tochter Amalie des Leonhard E. an einer „Halskrankheit" seit längerer Zeit erkrankt. Hierhin sei jedoch der Schäfer M. nie gekommen. In diesem Gehöft, in welchem ein anderer Teil der Familie E. wohnte, war tatsächlich die Tochter Amalie E., etwa 25 Jahre alt, im Juli krank gewesen und befand sich jetzt auf dem Wege der Besserung. Nach den geschilderten Symptomen war eine Typhuserkrankung nicht ausgeschlossen. Der behandelnde Arzt hätte auch Stuhl und Blut zur bakteriologischen Untersuchung nach Metz geschickt, die aber negativ ausgefallen wäre. Dies war in der Tat der Fall gewesen, der Arzt soll auch, wie aber erst später bekannt wurde, gesagt haben, es sei Typhus. Trotzdem war der Fall nicht gemeldet, auch nicht als Typhusverdacht. Ich entnahm von Amalie E. eine Blutprobe, desgleichen von einer anderen Schwester Fanny E., 31 Jahre alt, die auf dem anderen Hofe, wo M. gegessen hatte, die Küche besorgte und deshalb auch als Ansteckungsquelle für M. in Frage kommen konnte. An Typhus oder ähnlichen Krankheiten wollte sie nie gelitten haben, nur vor etwa 5 Jahren habe sie längere Zeit Verstopfung gehabt. Die Widalsche Reaktion fiel bei beiden positiv aus. Auch die von dem in der Küche beschäftigten Dienstmädchen Josefine E. entnommene

Blutprobe war negativ. Sie kam also als Ansteckungsquelle nicht in Frage. Wie gleich im voraus bemerkt, erkrankte sie später noch an Typhus. Bei Amalie E. hat es sich, da die erste Untersuchung negativ, die zweite aber positiv ausfiel, demnach sicher um Typhus gehandelt. Ob Fanny E. vielleicht eine leichte Typhuserkrankung überstanden hat oder nicht, sei dahingestellt. Wiederholte Stuhl- und Urin-Untersuchungen beider fielen stets negativ aus.

Nach allem war also mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß sich M. bei der Familie E. angesteckt hatte.

Zurzeit waren weitere Erkrankungen an Typhus in der Umgegend nicht bekannt geworden. Nachträglich konnten aber mehrere Fälle ermittelt werden.

Am 28. August 1906 schickte ein Arzt eine Blutprobe einer 54-jährigen verwitweten Tagelöhnerin Magdalena E. aus J. zur Agglutinationsprüfung ein. Die Frau sei im Juni krank gewesen, habe ihn aber erst jetzt zugezogen und mache den Eindruck einer Typhusrekonvaleszentin. Die Untersuchung der Blutprobe fiel in der Tat positiv aus, mehrmalige Stuhl- und Urinuntersuchungen waren negativ. Die Frau war als Tagelöhnerin während des Sommes auf dem 3 km entfernten Hofe des Leonhard E. beschäftigt gewesen, wo sie auch Mittagessen bekommen hatte. Es ist demnach in hohem Grade wahrscheinlich, daß es sich auch hier um Typhus gehandelt hat, und daß die Ansteckung auf dem erwähnten Gute stattgefunden hat. Im Dorfe J. selbst waren aber seit mehreren Jahren keine Typhusfälle vorgekommen.

Aus demselben Dorfe J. wurde am 10. Oktober 1906 ein neuer Typhusfall gemeldet. Der 32-jährige Tagelöhner Anton S., der ebenfalls in G. auf Arbeit ging, war am 20. September 1906 erkrankt. Zu dem obigen verdächtigen Fall bestanden keine ursächlichen Beziehungen. Die Widalsche Reaktion fiel positiv aus, Stuhl- und Urinuntersuchungen negativ. Wie jetzt schon erwähnt sei, wurde er später die Ursache für eine Infektion in seiner Familie. Seine 2jährige Tochter Oktavia S. erkrankte am 26. 11. an Typhus, hatte positive Widalsche Reaktion sowie Typhuskeime im Stuhlgang.

Als bei Anton S. in J. am 13. Oktober 1906 örtliche Ermittlungen stattfanden, wurden auch die beiden 3 km entfernt gelegenen Güter G. und R. aufgesucht, auf denen sich Anton S. angesteckt haben mußte. Hier fanden sich zwei neue Fälle vor, die aber vom behandelnden Arzte noch nicht gemeldet waren. Auf dem Gehöfte G. war der 23-jährige Sohn Albert E. am 29. September unter typhusverdächtigen Erscheinungen erkrankt mit positivem Widal. Auf dem anderen Hofe R. lag die 27-jährige Tochter Luise E. seit dem 5. Oktober krank darnieder. Die am 13. Oktober entnommene Blutprobe war ebenfalls positiv.

Die am selben Tage von dem Vater der beiden Kranken, dem schon erwähnten klinisch gesunden Leonhard E. entnommene Blutprobe fiel vollkommen negativ aus. Es lag deshalb vorläufig durchaus kein Verdacht vor, daß er etwa ein Typhusträger sein könnte, da ja derartige Bazillenträger oft positive Blutreaktion zeigen. Trotzdem wurden von ihm ebenso wie von den Kranken und den übrigen Familienmitgliedern, weiterhin ständig Stuhl- und Urinproben eingefordert und untersucht. In einer mit „Leonhard E.“ bezeichneten Stuhlprobe wurden nun am 23. Oktober Typhusbazillen

gefunden. Da aber an demselben Tage auch von den kranken Familienmitgliedern Stuhlproben eingeliefert waren, wurde angenommen, es handele sich um eine beim Einsenden und bei der Bezeichnung der Proben vorgekommene Verwechselung seitens des Desinfektors. Bei späteren Untersuchungen wurden jedoch wiederholt in den mit „Leonhard E." bezeichneten Proben Typhusbazillen nachgewiesen; es unterlag also keinem Zweifel mehr, daß Leonhard E. tatsächlich Bazillenträger war und zwar wahrscheinlich schon mehrere Jahre. Dafür sprechen die bei ihm schon seit mehreren Jahren vorhandenen Gallensteinkoliken, die ja nach neueren Forschungen oft infolge von Typhusinfektionen auftreten. Ferner fiel ins Gewicht, daß bereits im Herbst 1905 in einem Nachbardorfe W. drei Personen an Typhus erkrankt waren, von denen zwei auf dem Gute G. gearbeitet hatten. Die 3. Erkrankung betraf die Tochter des einen. Bei allen drei Fällen war die Widalsche Reaktion positiv, bei einem wurden Typhusbazillen im Urin, bei dem zweiten im Stuhl und im Urin gefunden. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die beiden Arbeiter bei ihrem Aufenthalt auf dem Gutshofe, wo sie auch aßen, durch Leonhard E. angesteckt worden sind.

Für den oben erwähnten Michel M. war nach dessen Erkrankung dessen Bruder Alfons M. nach dem Hofe G. gekommen, um dessen Stelle als Schäfer zu übernehmen. Er erkrankte jedoch nach Mitteilung der bakteriologischen Anstalt zu Hagenau ebenfalls an Typhus und wurde dann in das Krankenhaus zu S. aufgenommen. Abgesehen von positivem Widal konnten bei ihm Typhuskeime im Stuhl nachgewiesen werden. Auch er mußte sich unbedingt in G. infiziert haben; eine andere Art der Übertragung war nicht zu ermitteln. Am 16. Oktober wurden vom behandelnden Arzt drei neue Typhuserkrankungen gemeldet und zwar noch zwei Mitglieder der Familie E. in G. und ein Fall in M., einem etwa 5 km von G. entfernt liegenden Dorfe. Bei den am 19. Oktober vorgenommenen örtlichen Ermittelungen wurde festgestellt, daß der 5-jährige Landwirtssohn Marcellus W. aus M. am 10. Oktober an Typhus erkrankt und vorher bei seinem Großvater Leonhard E. in G. längere Zeit zu Besuch gewesen war, wo die Ansteckung erfolgt sein mußte.

Im Dorfe M. selbst waren in den letzten Jahren keine Typhuserkrankungen aufgetreten. Außerdem wurde noch ermittelt, daß ein Bruder des Kranken, der 7 jährige Alfons W. im Juli erkrankt und am 1. August gestorben war. Auch er war vorher bei seinem Großvater zu Besuch gewesen und hat sich hier ohne Zweifel mit Typhus infiziert. Dieser Fall war indes vom behandelnden Arzte nicht als Typhus oder Typhusverdacht gemeldet, obwohl ein anderer hinzugezogener Arzt bei einer gemeinsamen Beratung die Erkrankung für Typhus gehalten hatte! Die beiden in G. gemeldeten Fälle betrafen den am 7. Oktober erkrankten 19-jährigen Sohn Emil E. und das bereits oben erwähnte, am 13. Oktober erkrankte 16-jährige Dienstmädchen Josefine E. Von den entnommenen Blutproben dieser drei Fälle waren die von Marcellus W. und Emil E. positiv. Die Blutuntersuchung von Josefine E. fiel negativ aus, bei einer später vorgenommenen Prüfung war sie jedoch positiv, ein sicherer Beweis für das Vorhandensein einer Typhuserkrankung.

Das einzige bisher noch nicht genannte Mitglied der Familie E., Reinhard, zeigte am 19. Oktober negativen Ausfall des Widals und blieb von Typhus verschont. Neue

Erkrankungen kamen in nächster Zeit nicht mehr vor, abgesehen von der oben erwähnten Oktavia S., die erst am 8. Januar 1907 bakteriologisch genesen war. Die Seuche erschien jetzt erloschen.

Ein am 29. Oktober gemeldeter Typhusfall in dem etwa 10 km entfernten Dorfe Im., ein am 20. Oktober erkranktes Dienstmädchen B., schien in keiner Beziehung zu einer der obigen Typhuserkrankungen zu stehen.

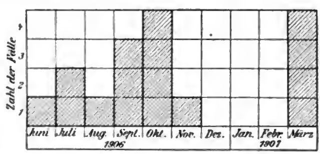
Erst im März traten in der Umgegend von G. neue Typhusfälle auf. In dem schon genannten Dorfe I. wurde am 19. 3. 07 ein Typhusfall gemeldet. Es handelte sich um einen Tagelöhner Lorenz S., 22 Jahre alt, der am 14. 3. 07 erkrankt war. In seinem Stuhl und Urin wurden Typhusbazillen gefunden, der Widal fiel positiv aus. Wenige Tage darauf am 23. bezw. 25. 3. wurden auch aus dem benachbarten Dorfe L., ca. 5 km vom Hofe G. entfernt, zwei neue Erkrankungen gemeldet. Es waren dies der am 14. 3. erkrankte 23-jährige Dienstknecht Michel Josef J. und der am 10. 3. erkrankte 25-jährige Dienstknecht Nikolaus S. Bei Gelegenheit der hier vorgenommenen örtlichen Ermittelungen, bei denen u. a. Herr Oberarzt Dr. Kirschbaum, kommandiert zur bakteriologischen Anstalt, tätig war, wurde noch ein Fall festgestellt, der nicht in ärztlicher Behandlung stand und sich bereits in Genesung befand: der am 3. 3. erkrankte 26 jährige Landwirt Josef D. Die entnommene Blutprobe zeigte positiven Ausfall der Widalschen Reaktion.

Die Ansteckung dieser vier zuletzt genannten Fälle ist mit großer Wahrscheinlichkeit ebenfalls in G. erfolgt, wo sie teilweise als Tagelöhner beschäftigt waren.

Neue Erkrankungen an Typhus sind seitdem in dieser Gegend nicht bekannt geworden.

Alle 16 aufgeführten Typhusfälle sind sonach mit ziemlicher Sicherheit unmittelbar oder mittelbar durch den Bazillenträger Leonhard E. infiziert worden. Eine andere Ursache ließ sich bei keinem Falle ermitteln. Die drei betroffenen Ortschaften liegen im Kreise rings um die beiden Höfe G. und R., von wo die Infektion eingeschleppt ist.

Eine Übertragung des Typhus etwa durch Trinkwasser ist auszuschließen. Dies geht schon aus dem nach und nach erfolgenden, „kettenförmigen" Auftreten von Erkrankungen hervor (siehe Figur).



Außer den oben genannten festgestellten Typhusfällen sind sicherlich noch zahlreiche leicht verlaufende oder atypische Erkrankungen vorgekommen, die nicht als Typhus erkannt wurden und bei denen teilweise keine ärztliche Hilfe in Anspruch genommen worden ist. Wurden doch durch Zufall bei unseren Ermittelungen derartige Fälle, wie oben erwähnt, gefunden.

Die angeordneten Maßnahmen zur Bekämpfung der Seuche waren die üblichen: wenn möglich, Isolierung des Kranken, laufende Desinfektion der Absonderungen und der nächsten Umgebung des Kranken, Schlußdesinfektion nach Feststellung

der bakteriologischen Genesung, d. h. nach zwei- bezw. dreimaligem negativen Ausfall der Stuhl- und Urinuntersuchung nach der Entfieberung. Die vorhandenen Abortgruben durften frühestens erst nach 3 Monaten entleert werden. Auf den Höfen G. und R., wo Milchwirtschaft bestand, wurde der Verkauf von Milch verboten. Der Bazillenträger Leonhard E. war angewiesen, ständig seinen Stuhl, Urin, Leib- und Bettwäsche usw. zu desinfizieren.

Daß trotz dieser Anordnungen die Seuche sich verbreitete, hat seinen Grund einmal wie schon erwähnt, in der mangelhaften Beobachtung der Vorschriften über das Meldewesen seitens des behandelnden Arztes, sodann in der ungenügenden Isolierung der Kranken. War doch nur bei zwei Kranken, Michel und Alfons M., eine Überführung in das Krankenhaus durchzusetzen. In der Familie E. wurden erst spät alle Erkrankten auf einem Gehöft vereinigt und gemeinsam durch eine von auswärts herbeigeholte Krankenschwester gepflegt. Ein anderer Übelstand war, daß der mit der Desinfektion betraute Desinfektor ca. 8 km entfernt wohnte und nur im Nebenamte Desinfektionen ausführte, so daß hier von einer regelmäßigen und sorgfältigen Desinfektion keine Rede sein konnte[1]). Es ist auch anzunehmen, daß der klinisch völlig gesunde Bazillenträger Leonhard E. die unangenehmen und umständlichen Desinfektionsvorschriften nicht regelmäßig und genau befolgt hat. Daher erklärt sich auch das Wiederaufflackern des Typhus nach zeitweiligem Erlöschen. Wenigstens ist es durch die wiederholt kontrollierten Maßnahmen gelungen, in den betroffenen Dörfern eine noch größere Ausbreitung der Seuche durch die dort eingeschleppten Typhusfälle zu verhindern.

Übrigens wurden Ansteckungen durch andere Bazillenträger von der bakteriologischen Anstalt zu Metz öfters beobachtet. Doch kam es hierbei nie zu einer solchen Anhäufung von Erkrankungen.

Es ist also durchaus notwendig, Maßregeln zu ergreifen, um eine Verbreitung des Typhus durch die Bazillenträger zu verhüten. Gesetzlich ist es bis jetzt allerdings unmöglich, zwangsweise gegen diese vorzugehen. Die Maßnahmen sind deshalb durch Belehrung und in möglichst schonender Form zur Anwendung zu bringen, schon mit Rücksicht auf die lange Dauer der Bazillen-Ausscheidung und die umständliche, zeitraubende Ausführung der Vorschriften. Im Regierungsbezirk Coblenz ist bereits im Jahre 1905 eine derartige Rundverfügung erlassen worden. Es kommen dabei namentlich folgende Maßnahmen in Betracht:

1. Verbot der Benutzung von Aborten.
2. Stuhlentleerung nur in eigens dafür vorhandene Eimer oder dergl.
3. Desinfektion des Stuhlganges bezw. Urins und des Eimers.
4. Waschen der Hände und der Umgebung des Afters mit desinfizierenden Flüssigkeiten sofort nach jedem Stuhlgang.
5. Desinfektion von Leib- und Bettwäsche.
6. Verbot der Mitbenutzung des Bettes seitens anderer.
7. Verbot des Berührens, Hantierens und Verkaufs von Milch, Butter und anderen Nahrungs- und Genußmitteln.

[1]) Inzwischen hat das Desinfektionswesen in dem betreffenden Kreise unverkennbare Fortschritte gemacht durch Bildung einer Desinfektionsgemeinschaft, durch Vollausbildung von Desinfektoren und feste Anstellung ein solchen mit einem Grundgehalt.

Aus der Kaiserlichen bakteriologischen Landesanstalt für Lothringen in Metz.

Die experimentelle Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus durch die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneusbazillus.

Von

Dr. Albert Hirschbruch,

Assistent an der Anstalt.

Die Tatsache, daß in einem mit vielen Typhusuntersuchungen beschäftigten Laboratorium häufig Typhusstämme gefunden werden, die —, ohne daß aus sonstigen Gründen der mindeste Zweifel an ihrer Identität auftreten könnte — einem agglutinierenden Immunserum gegenüber sich in verschiedenen hohem Grade passiv verhalten, ist an sich bekannt. Besonders häufig findet man in der Laboratoriumspraxis solche Stämme bei den Untersuchungen der Ausscheidungen von „Typhusbazillen-Trägern"; und da wieder vorzugsweise im Urin.

In einer früheren Arbeit[1]) habe ich alles das nachuntersucht, was, an verschiedenen Stellen der Literatur verstreut, sich über die Ursachen der Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus vorfand. Darüber hinaus wurde aber bei den systematisch vorgenommenen Studien eine Reihe von Ursachen für das Phänomen ermittelt, die bis dahin nicht bekannt waren. Unter ihnen haben mich vorzugsweise die zwei interessiert, daß sowohl Kolibakterien, als Hefepilze im Zusammensein mit Typhusbazillen diesen einen Teil ihrer Agglutinierbarkeit rauben; die Wirkung der Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen auf die Typhusbazillen wurde in der früheren Arbeit nicht weiter untersucht. Jene Herabsetzung der Agglutinierbarkeit ist durch mehrere Abimpfungen von Kulturen hierdurch vererbbar, ja zum Teil sogar so dauerhaft, daß die einwandfreie Wiedererkennung dieser minder agglutinablen Varietäten nicht ohne Schwierigkeiten möglich ist, zumal ich mir die Einschränkung auferlegt hatte, bei mangelnder Agglutinabilität die Identität der neuen Varietät durch Neu-Anzüchtung der verlorenen Eigenschaft oder durch die agglutinogene Eigenschaft der Varietät für unzweifelhafte Typhusbazillen zu beweisen. Durch vorgenommene Auswertungsversuche von agglutinierendem Serum mit den auf die verschiedenste Weise in ihrer Agglutinabilität geschädigten Typhusbazillen wurde festgestellt, daß —

[1]) Archiv f. Hygiene Bd. 56 S. 280–340.

soweit die Ursachen für die Herabsetzung von mir ermittelt waren — die Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus einhergeht mit einer Verminderung in der Zahl seiner für Agglutinin bindungsfähigen Rezeptoren.

Nun müßte doch eigentlich für eine Bakterien-Varietät, die weniger Rezeptoren besitzt, als der Normal-Typus, schon in einer Serumlösung von größerer Verdünnung die erforderliche Agglutininmenge vorhanden sein, um alle Rezeptoren zu „besetzen" und Agglutination zu bewirken, wenn man nicht annehmen will, daß manche Bakterien-Individuen ihre Rezeptoren behalten und andere — mehr oder minder reich an Zahl — sie verlieren. Diese Annahme wäre aber völlig unzutreffend; denn aus gegossenen Platten sind die Typhusbazillen aller Kolonien annähernd gleich gut, oder auch gleich schlecht agglutinabel. Eine absolute Übereinstimmung gibt es bei den modifizierten wie bei den Normalstämmen niemals. Außerdem könnte aber auch ein hoch konzentriertes Serum in einem Gemisch von gut und schlecht agglutinablen Typhusbazillen nicht mehr tun, als alle Bindungsmöglichkeiten ausnützen. Es müßte also eigentlich der Stamm mit weniger Rezeptoren bis zu höheren Serumverdünnungen hinauf agglutiniert werden, als der ursprüngliche Originalstamm. Zu einer Erklärung der entgegenstehenden Tatsachen kann man nur durch die Annahme von Partialrezeptoren beim Bakterium kommen, die verschieden leicht in Verlust gehen, und ihren adäquaten Partialagglutininen im Serum. Nehmen wir z. B. an, daß die Rezeptoren des normalen Typhusbazillus sich zusammensetzen aus

$$n_1 R_1 + n_2 R_2 + n_3 R_3 + \ldots \ldots \ldots n_x R_x$$

wobei n_1, n_2, n_3, usw. Zahlen bedeuten, R_1, R_2, usw. aber die verschiedenen Partialrezeptoren und daß in einer Typhusbakterienaufschwemmung von bestimmter Dichte eine Mindestzahl von Bakterienrezeptoren besetzt sein müssen, um die sichtbare Erscheinung der Agglutination hervorzubringen! Nun mögen alle Rezeptoren in einer Varietät des betr. Typhusbazillenstammes verloren sein bis auf diejenigen vom Typhus R_3. Ihre Anzahl, nämlich n_3 ist an sich ausreichend, um bei voller Besetzung die Agglutination zustande kommen zu lassen. Von ihrem Gegenpart, — den Agglutininen nämlich, die dem Rezeptoren-Typus R_3 entsprechen, — sind aber in stärkeren Verdünnungsgraden des Serums nicht genügend viel vorhanden, um alle Rezeptoren zu besetzen, während ihre Zahl im konzentrierteren Serum ausreicht.

Bei den erwähnten früheren Versuchen sind Untersuchungen darüber, wie sich die Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen gegenüber der Agglutinierbarkeit des Typhusbazillus verhalten, nicht angestellt worden. Da ich nun zur Ergänzung meiner früheren Arbeit nach dieser Richtung Versuche anstellen wollte, war es m. E. das Nächstliegende, den klassischen Produzenten von Bakterienstoffwechselprodukten, den Pyocyaneusbazillus zu wählen.

Ein Kölbchen mit 100 ccm schwach alkalischer Extraktbouillon wird mit Pyocyaneus beimpft, 8 Tage im Brütschrank bei 37° gehalten und dann noch 25 Tage bei Zimmertemperatur gelassen. Die Bazillen werden durch Erhitzen der Kultur im Wasserbade bis 100° abgetötet. Von der steril gemachten Kultur werden nun steigende Mengen zu je 10 ccm alkalischem Fleischextraktagar mit 3% Agargehalt, der verflüssigt war, zugesetzt. Die Röhrchen werden zum Erstarren schräg gelegt und,

nachdem die Agaroberfläche durch mehrstündigen Aufenthalt im Brütschrank von 41—42° trocken geworden ist, mit unserm gewöhnlichen Laboratoriumsstamm von Typhus beimpft. In dieser Weise wird auch bei allen im folgenden geschilderten Versuchen vorgegangen, soweit nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist. Die beimpften Röhrchen kommen auf 15—18 Stunden in den Brütschrank von 37° und werden dann auf Wachstum und Agglutinierbarkeit der Typhusbazillen untersucht. In diesem Grundversuch stellt sich das Ergebnis folgendermaßen (Tabelle 1).

Die Bakterienaufschwemmung erfolgt stets mit einer 2 mg Öse in 1 ccm der betr. Serumverdünnung. Die Reagensgläser werden dann 1 Stunde bei 37° und ¹/₄ Stunde bei Zimmertemperatur gehalten. Die Beurteilung der Agglutination erfolgt nur makroskopisch ohne Zuhilfenahme einer Lupe. Im Folgenden bedeutet — keine makroskopisch sichtbaren Häufchen, + eben noch deutlich erkennbare Häufchen, ++ größere Häufchen, +++ große Haufen, ++++ vollständige Klärung der Serumlösung mit zu Boden gefallenen großen Haufen von Bakterien.

Tabelle 1.

Zusatzmenge von Pyocyaneus	Wachstum des Typhus	Agglutinierbarkeit					
		1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
Kontrolle ohne Zusatz	gut	++++	++++	+++	+++	+++	—
0,1 ccm	„	+++	+++	++	+	—	
0,5 „	„	+	+	—			
1 „	mäßig	+	+				
2 „	ohne						
3 „	„						

Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß der Zusatz von sterilisierten Pyocyaneusstoffwechselprodukten zum Nähragar imstande ist, den auf diesem neuen Nährboden wachsenden Typhusbazillen einen mehr oder minder erheblichen Teil ihrer Agglutinierbarkeit zu nehmen. Mit steigendem Zusatz wächst auch die Fähigkeit des Nährbodens, die Bakterien sowohl in ihrem Wachstum wie in ihrer Agglutinierbarkeit zu schädigen. Der Verlust wird demnach am größten auf jenen Agarröhrchen, welche wegen der Größe des Pyocyaneuskulturzusatzes für Typhusbazillus die Grenze der Wachstumfähigkeit darstellen.

Die Menge der schädigenden Stoffwechselprodukte ist in den einzelnen Pyocyaneuskulturen sehr verschieden, ebenso sehr wie die Farbstoffbildung in Bouillon. Werden mehrere Kölbchen, mit der gleichen Menge Bouillon beschickt, aus einer Kultur heraus mit Pyocyaneus beimpft, in den Brütschrank gestellt und öfter umgeschüttelt, so tritt die Grünfärbung zu verschiedener Zeit ein; sie erreicht in manchen Kölbchen schon früh einen Intensitätsgrad, bis zu dem es in anderen nie kommt. Nach einiger — auch wieder verschiedener — Zeit tritt ein Farbenumschlag in braungelb ein.

Es wäre nun immerhin noch möglich, daß der von mir verwendete Typhusstamm besonders empfindlich auf die Pyocyaneusstoffwechselprodukte reagierte. Es

ist deshalb erforderlich, den vorigen Versuch zu wiederholen und eine größere Anzahl von Typhusstämmen zum Vergleich heranzuziehen. Bei der Auswahl aus der sehr großen Zahl von Stämmen, über die unsere Anstalt verfügt; scheint es empfehlenswert, auch den verschiedenen Ursprung der Kulturen zur Geltung kommen zu lassen.

Das Ergebnis dieser Versuchsreihe ist aus Tabelle 2 ersichtlich. Es wird eine 3 Wochen alte, bei 37° gewachsene Pyocyaneusbouillonkultur benützt, die durch Erhitzen auf 85° sterilisiert ist. In der Tabelle bedeutet „Kr.“ krank, „B. Tr.“ Bazillenträger. Bei denjenigen Stämmen, bei denen die Reihe über die Agglutination nicht ausgefüllt ist, erfolgte wegen des Zusatzes kein Wachstum.

Unser Laboratoriumsstamm ist gegen die Pyocyaneusprodukte nicht nur nicht empfindlicher als die andern Stämme, sondern er gehört im Gegenteil mit noch drei andern zusammen zu den unempfindlichsten, so weit die Wahrung seiner Agglutinierbarkeit in betracht kommt.

Die meisten Stämme wachsen bei einem Zusatz von 5 ccm der für diese Reihe verwendeten Stoffwechselprodukte des Bacillus Pyocyaneus nicht mehr. Es ist vielleicht kein Zufall, daß von den drei Stämmen, die bei 5 ccm Zusatz noch angegangen sind, zwei aus dem Stuhl von Bazillenträgern herrühren, — der dritte ist aus einer Blutkultur durch das Gallenverfahren gezüchtet.

Es ist immerhin möglich, daß die betr. Stämme, die sich schon lange Zeit im Darm der Träger befanden, allmählich an allerlei durch die Symbiose sich ergebende Schädigungen gewöhnt haben; die Zahl der Versuche ist jedoch zu gering, um irgend eine Gesetzmäßigkeit behaupten zu wollen.

Aber auch der Titer der Kontrollkulturen (ohne Pyocyaneus-Zusatz) schwankt zwischen 20000 und 40000. Die stärkste Herabsetzung der Agglutinierbarkeit bei Zusatz von 3 ccm erfolgt von 30000 auf 1000, und bei Zusatz von 5 ccm der Stoffwechselprodukte von 30000 auf 500; es ist dann also eine 30 bezw. 60 mal konzentriertere Serumlösung nötig, um makroskopisch eben sichtbare Agglutination hervorzurufen.

Es könnte auffallen, daß in mehreren Fällen bei Zusatz der kleinsten in dieser Versuchsreihe benützten Menge von Pyocyaneuskultur zum Agar der Titer der darauf gezüchteten Typhus-Varietät über den der Kontrollkultur hinausgeht. Aus meiner früheren Arbeit geht hervor, daß bei zahlreichen Möglichkeiten der Herabminderung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus sich sehr viel Material für das Gesetz ergeben hat, daß alle Eingriffe, die imstande sind, den agglutinativen Titer des Typhus herabzusetzen, in einer Dosis, die unter der wirksamen bleibt, oder in einer Zeit, die für den Eintritt der Wirkung zu kurz ist, befähigt sind, den Typhusbazillus zu einer reaktiven Überproduktion von Agglutininbindenden Rezeptoren anzuregen und damit eine Erhöhung des Agglutinationstiters herbeizuführen.

Warum bei dem einen Stamm die Dosis von Pyocyaneusprodukten noch vermehrte Rezeptorenbildung als Reaktion auf die Schädigung anregt, während im andern Fall bereits Rezeptorenverlust eintritt, ist weiter nichts als Stammeseigentümlichkeit. (Darüber, daß Agglutinierbarkeitsherabsetzung und Rezeptorenverlust parallel laufen,

Tabelle 2.

Name	Krank oder B Tr.?	Herkunft	Pyoc-menge	Agglutination								
				1 : 100	1 : 500	1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000	1 : 50 000
Labor. Stamm	unbekannt	unbekannt	0						+++	−		
			1 ccm						+++	++	+	−
			3 „			++	+	+	−			
			5 „									
Gr.	Kr.	Stuhl	0						+++	+++	+	−
			1 ccm						++	−		
			3 „			++	+	−				
			5 „									
Guld.	Kr.	Stuhl	0						+++	++	−	
			1 ccm						+++	+++	+	−
			3 „			+++	++	−				
			5 „									
v. W.	Kr.	Stuhl	0						+++	+	−	
			1 ccm						++	++	−	−
			3 „		++	+	+	+	−			
			5 „									
M. J.	Kr.	Urin	0						+++	+	−	
			1 ccm					++	+	+	−	
			3 „			++++	++	+	−			
			5 „									
Hoffm.	Kr.	Urin	0						+++	++	−	
			1 ccm						++	+	−	
			3 „			++++	−					
			5 „									
Bern.	Kr.	Blut	0						+++	−		
			1 ccm						+++	++	−	
			3 „			+++	++	−				
			5 „			+++	++	−				
Maur.	B. Tr.	Stuhl	0						+++	−		
			1 ccm					++	+	−		
			3 „			++++	+	−				
			5 „	++++	+	−						
Kr.	B. Tr.	Stuhl	0						+++	++	−	
			1 ccm						+++	++	−	
			3 „			+++	+	−				
			5 „	++++	+	−						
Baud.	B. Tr.	Stuhl	0						+++	+	−	
			1 ccm				+++	+	−			
			3 „			+++	−					
			5 „									
Lecl.	B. Tr.	Stuhl	0						+++	−		
			1 ccm						+++	+++	+	−
			3 „			++	+	+	−			
			5 „									
Fritsch.	B. Tr.	Urin	0						+++	−		
			1 ccm					++	+	−		
			3 „			+++	+	−				
			5 „									

soll weiter unten noch beweisführend berichtet werden). Tatsächlich zeigen gerade diejenigen Stämme, welche auf Zusatz von 1 ccm der sterilisierten Pyocyaneuskultur keine reaktive Agglutinationssteigerung aufweisen, bei größeren Zusätzen die stärkste Herabsetzung der Agglutinierbarkeit. Ich kann nach allem, was ich von der experimentellen Minderung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus weiß, mit aller Bestimmtheit behaupten, daß auch bei diesen Stämmen, die auf Zusatz von 1 ccm Pyocyaneus zum Nährboden nicht mit Rezeptorenneubildung reagieren, sich eine solche erzielen lassen muß. Nur liegt die Reizgrenze eben niedriger.

Eine andre Erscheinung, die in der Tabelle 2 ihren Ausdruck findet, ist schwieriger zu erklären. Sie tritt am charakteristischsten beim Stamm v. W. hervor und betrifft die Intensitätsverhältnisse der Agglutination bei Zusatz von 3 ccm Pyocyaneus. Die Agglutinationsgrenze der Varietät liegt bei der Serumverdünnung 1 : 10000. Aber selbst das 10 mal konzentriertere Serum, das natürlich auch 10 mal mehr Agglutinine enthält, ist nicht imstande, die Agglutination intensiver zu machen, sie über die Grenze des makroskopisch eben Sichtbaren hinauszuheben. M. E. ist auch diese Erscheinung die Folge des Vorhandenseins von Partialrezeptoren und ein Beweis dafür, daß die übrig gebliebenen Partialrezeptoren des Typhusbazillus in der Serumlösung 1 : 10000 völlig oder nahezu völlig besetzt worden sind, so daß selbst 10 mal mehr Agglutinine nicht imstande sind so viel mehr Rezeptoren zu binden, daß eine intensivere Häufchenbildung zustande kommen könnte. Erst bei der Konzentration 1 : 500 tritt eine mäßige Verstärkung der spezifischen Wirkung ein. Dies mag vielleicht darin seine Ursache haben, daß nicht mit mathematischer Genauigkeit nur eben ein einziger Rezeptorentypus bei den Typhusbazillen erhalten geblieben ist, sondern auch noch mehr oder minder viele von andern Typen. Diese finden jedoch nur in geringem Grade ihre Antistoffe in der Serumlösung vor. Infolgedessen besitzt erst die bei dem so hochwertigen Serum relativ hohe Konzentration 1 : 500 genug Agglutinine für diese anderen Rezeptoren, um von ihnen so viele zu binden, daß eine sinnfällige Verstärkung der Agglutination zustande kommt.

Die Frage nun, wie die Entwicklung der Wachstum- und Agglutinierbarkeit hemmenden Substanzen in den Pyocyaneusbouillonkulturen vor sich geht, mag aus Tabelle 3 (a—e) ersehen werden.

Aus der Kultur von Pyocyaneusbazillen in Fleischextraktbouillon, gezüchtet bei 37°, werden nach verschiedenen Zeiten Proben entnommen, die in verschiedenen Mengen nach Sterilisierung durch Erhitzen bis 85°, zu je 10 ccm Nähragar zugesetzt werden.

Nach 18 tägigem Aufenthalt der Kultur im Brütschrank erfolgte der Farbenumschlag aus grün in braungelb.

Die ein Jahr alte Kultur ist keine Fortzüchtung der andern Kultur, sondern steht seit über Jahresfrist in einem Schrank des Laboratoriums. Eine Reihe im eigentlichen Sinne bilden deshalb nur die Tabellen 3a bis d, während 3e nur einen Anhang darstellt.

Die Fähigkeit der Pyocyaneusbazillen, als Nährbodenzusatz Wachstum beschränkend auf die Typhusbazillen zu wirken, ist mancherlei Schwankungen unter-

worfen. Ein Zusatz von 5 ccm der 3 Tage alten Kultur zu 10 ccm Agar beeinträchtigt das Typhuswachstum nicht (soweit die Gewinnung von mehreren Ösen Typhuskultur zum Zweck des Agglutinationsversuchs in betracht kommt.) Ein Zusatz von 5 ccm der 7 tägigen Kultur gestattet dem Typhus aber nur ein minimales Wachstum, so daß es, um die makroskopische Untersuchung durchzuführen, nötig wird, die Proben mit $^1/_2$ ccm Serumlösung und $^1/_2$ Normalöse Typhus anzusetzen. Bis zum Alter von 14 Tagen findet in der Pyocyaneusbouillon eine weitere Vermehrung der das Wachstum des Typhus hemmenden Substanzen statt. Zusatz von 5 ccm hindert das Wachstum vollkommen; aber selbst der Zusatz von 4 ccm läßt nur geringes Wachstum zu. Wir erinnern uns aus der ersten Versuchsreihe, daß dort die Pyocyaneusbouillon in wesentlich stärkerem Maße das Typhuswachstum hemmte, als die Bouillon aus dieser Versuchsreihe; dort ließ 1 ccm Zusatz nur noch geringes Wachstum zu und 2 ccm störten es vollständig. Die wachstumhemmenden Substanzen haben hier aber mit 14 Tagen quantitativ ihren Höhepunkt erreicht. Es erfolgt bis zum Ablauf der vierten Woche nicht nur keine Steigerung, sondern offenbar ein Verlust an hemmenden Substanzen. Der Zusatz von 5 ccm der 28 tägigen Pyocyaneusbouillon zu 10 ccm Nähragar stört die Entwickelung des Typhusbazillus garnicht. Aus der Tabelle 3e, die allerdings eigentlich außerhalb des Rahmens dieser Versuche liegt, weil die Pyocyaneuskultur anderer Herkunft ist, geht aber doch hervor, daß selbst 7 ccm der über 1 Jahr alten Kultur zum Agar das Typhuswachstum nicht stören.

Tabelle 3a.

Pyocyaneus 3 tägig Menge	Agglutination			
	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
0	+++	+++	++	—
0,1 ccm	+++	+++	—	—
0,5 „	+++	+++	—	—
1 „	+++	+++	++	—
2 „	+++	+++	+	—
3 „	+++	+++	+	—
4 „	+++	+++	+	—
5 „	+++	++	+	—

Tabelle 3 b.

Pyocyaneus 7 tägig Menge	Wachstum	Agglutination							
		1 : 100	1 : 500	1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30000	1 : 40 000
0	gut						+++	++	—
0,1 ccm	„				+++	+++	+++	—	
0,5 „	„				+++	+++	+++	—	
1 „	„				+++	++	+	—	
2 „	„				+++	+	+	—	
3 „	„				+++	+	+	—	
4 „	„				+	+	+	—	
5 „	minimal	+++	+++	+	—				

Tabelle 3c.

Pyocyaneus 14 tägig Menge	Wachstum	Agglutination						
		1 : 500	1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
0	gut					+++	++	—
0,1 ccm	„				+++	+++	++	—
0,5 „	„				+++	+++	++	—
1 „	„				+++	+++	++	—
2 „	„		+++	++	+	—		
3 „	„	+++	++	—				
4 „	gering	+++	+	—				
5 „	null							

Tabelle 3d.

Pyocyaneus 28 tägig Menge	Wachstum	Agglutination					
		1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
0	gut				+++	+	—
0,1 ccm	„				+++	+	—
0,5 „	„				++	++	—
1 „	„			++	+	+	—
2 „	„		++	+	+	—	
3 „	„	+++	+	+	—		
4 „	„	+++	+	+	—		
5 „	„	+++	—	—			

Tabelle 3e.

Pyocyaneus 1 Jahr Menge	Wachstum	Agglutination			
		1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
0	gut	+++	+++	—	—
0,1 ccm	„	+++	+++	+++	—
0,5 „	„	+++	+++	+++	—
1 „	„	+++	+++	+++	—
2 „	„	+++	+++	++	—
3 „	„	+++	++	—	—
4 „	„	++	++	—	—
5 „	„	++	++	—	—
6 „	„	++	+	—	—
7 „	„	++	—	—	—

Analog der Wachstumschädigung verläuft die Beeinträchtigung der Agglutinierbarkeit. Sie ist nach 3 Tagen innerhalb der im Versuch gebrauchten Zusatzmengen nicht nachweisbar. Nach 7 Tagen bewirkt Zusatz von 5 ccm Pyocyaneus Erniedrigung der Agglutinierbarkeit des Typhus von 30000 auf 1000. Der Schädigungswert ist nach 14 Tagen noch weiter gestiegen; schon der Zusatz von 3 oder 4 ccm bewirkt Herabsetzung des Titers von 30000 auf 1000, wobei die Agglutination sich nur durch

geringere Intensität beim Zusatz von 4 ccm unterscheidet. Dann steigt der Titer wieder bis auf 10000 bei Zusatz von 3 oder 4 ccm und auf 1000 bei Zusatz von 5 ccm Pyocyaneus zum Nährboden. Nach 28 Tagen ist die Beeinträchtigung des Nährbodens für Typhus durch den Zusatz geringer, als sie selbst durch die 7 Tage alte Kultur gewesen war.

Bei einer ganz (über 1 Jahr) alten Pyocyaneus-Bouillonkultur ist die Schädigung der Typhusagglutinierbarkeit verhältnismäßig sehr gering. Zusätze bis zu 2 ccm zum Nähragar bewirken noch reaktive Titersteigerung. Der Titer des Normalstammes war vorübergehend von 30000 auf 20000 abgefallen bei Benützung desselben Immunserums wie bei allen anderen Versuchen. Erst Zusatz von 7 ccm bewirkt einen Abfall des Titers von 20000 auf 10000.

Wenn es auch aussichtslos erscheint, etwa die Substanz, die für Typhus Wachstum und Agglutination hemmend wirkt, bestimmen zu wollen, zumal diese Wirkung vermutlich einem Komplex von chemischen Körpern zukommt, so ist es doch wichtig die Eigenschaft dieser Körper in ihrer Gesamtheit etwas näher zu betrachten. Eine Reaktionsänderung der Pyocyaneusbouillon — ein Umschlag in sauer — ist nicht vorhanden. Aber auch die quantitativen Verhältnisse der basischen Reaktion haben sich offenbar nicht geändert; die Bouillon reagiert während der ganzen Versuchsdauer ebenso wie vorher schwach basisch für Lackmuspapier. Die Stärke dieser Reaktion ist vor und nach dem Erhitzen gleich, so daß also auch die Bildung von Ammoniak speziell auszuschließen ist. Eine Reaktionsänderung des Nährbodens ist nicht die Ursache der Schädigungen, welche der Typhusbazillus erleidet.

Es könnte aber immerhin noch der Fall sein, daß nicht vom Pyocyaneus neugebildete chemische Körper die Ursache der Verschlechterung des Nährbodens für den Typhusbazillus sind, sondern daß die Bouillon durch den wachsenden Pyocyaneusbazillus in ihren Nährsubstanzen erschöpft wird und daß durch Zusatz dieser Bouillon der Agar soweit verdünnt wird, daß er dem Typhus schlechtere Bedingungen für die Entwickelung seiner biologischen Eigenschaften bietet.

Diesen Einwand widerlegt in zwingender Weise der allgemeine Kontrollversuch, der für alle in der vorliegenden Arbeit aufgeführten Versuche gilt.

10 ccm Agar bleiben ohne Zusatz, zu anderen werden 5 ccm Bouillon zugefügt, ein drittes Röhrchen wird mit 5 ccm steriler physiologischer Kochsalzlösung versetzt und ein viertes schließlich mit 5 ccm Aqua destillata. Der Titer der auf allen diesen Nährböden gewachsenen Typhusbazillen ist einförmig derselbe; 1 : 20000 + + +, 1 : 30000 + +, 1 : 40000 +, 1 : 50000 —. Der Zusatz von 5 ccm ist deshalb gewählt worden, weil er mit der einen Ausnahme im Versuch 3e nie überschritten wurde.

Also auch nicht die Verdünnung des Agars durch die in ihren Nährsubstanzen erschöpfte Pyocyaneusbouillon ist die Ursache, daß Typhusbazillen auf diesem Mischnährboden schlechter wachsen oder weniger agglutinabel sind, sondern die vom Pyocyaneusbazillus selbst gebildeten Stoffwechselprodukte.

Auch der spätere Verlust von für Typhus wachstums- und agglutinationshemmenden Eigenschaften der Pyocyaneuskultur spricht direkt gegen eine bloße Er-

schöpfung des Nährbodens und für das Vorhandensein von besonders wirksamen Stoffwechselprodukten.

Wie diese sich gegen verschiedene Erhitzungsgrade verhalten, darüber gibt die Tabelle 4 Aufschluß. Es wird eine 4 Wochen alte bei 37° gehaltene Pyocyaneuskultur in Bouillon benützt. Diese wird in vier verschiedenen Portionen bis zu 85°, bis zu 100°, eine dritte Portion $^1/_2$ Stunde lang auf 100° und die letzte $^1/_2$ Stunde lang auf 110° erhitzt. Von jeder Portion werden abgestufte Mengen zu je 10 ccm verflüssigtem Nähragar zugesetzt. Der schräg erstarrte Agar wird mit Typhus beimpft und nach 15—18 stündigem Aufenthalt im Brütschrank untersucht.

Tabelle 4.

Pyocyan. erhitzt	Zusatzmenge	Wachstum	Agglutination						
			1 : 500	1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
—	0	gut				+++	+++	+	—
bis 85°	0,1 ccm	gut		++++	+++	+++	++	—	—
	0,5 „	„		+++	+++	++	+	—	—
	1 „	„	+	—					
	2 „	„	+	—					
	3 „	null							
bis 100°	0,1 ccm	gut		++++	+++	+++	+++	+	—
	0,5 „	„		+++	+++	++	++	—	
	1 „	„	+	—					
	2 „	„	+	—					
	3 „	null							
100° $^1/_2$ Stunde	0,1 ccm	gut		++++	+++	+++	+	+	—
	0,5 „	„		+++	+++	++	+	—	
	1 „	„		+	+	+	—	—	
	2 „	„		+	—	—			
	3 „	„		+	—	—			
	4 „	null							
110° $^1/_2$ Stunde	3 ccm	gut		++	+	—			
	4 „	„		++	—	—			
	5 „	null							

Tatsächlich findet, wie zu vermuten war, eine Zerstörung von Stoffwechselprodukten durch Hitze statt. Sie ist aber bedeutend geringer, als man hätte erwarten dürfen und wird auch bei Anwendung sehr hoher Hitzegrade während beträchtlicher Zeit bei weitem nicht total.

Die obere Wachstumsgrenze ist beim Erhitzen auf 100° dieselbe wie beim Sterilisieren der Pyocyaneuskultur durch Erhitzen auf 85° und liegt bei 2 ccm. Durch halbstündiges Erhitzen der Pyocyaneusstoffwechselprodukte auf hohe Grade werden sie doch insoweit geschädigt, daß Typhus bei Zusatz von 3 ccm der $^1/_2$ Stunde gekochten Kultur zu 10 ccm Agar noch wächst und von den auf 110° erhitzten Stoffwechselprodukten sogar 4 ccm verträgt.

Ähnlich verhält es sich mit der Fähigkeit, die Agglutinierbarkeit der Typhusbazillen zu beeinträchtigen. Je höher und länger die Erhitzung — im Rahmen der Tabelle — um so geringer ist die agglutinationshemmende Wirkung der Pyocyaneuskultur. Ich möchte aber darauf hinweisen, daß die Beeinträchtigung des Wachstums und der Agglutination doch nicht völlig parallel läuft. Die höchste für das Typhuswachstum eben zulässige Menge der in verschiedener Weise erhitzten Pyocyaneusportionen bewirkt nicht je dieselbe Agglutinationsherabsetzung, sondern um so weniger je höher die Erhitzung getrieben wurde, je länger sie gedauert hat. Durch langes und starkes Erhitzen wird also die das Typhuswachstum hemmende Eigenschaft der Pyocyaneusstoffwechselprodukte weniger geschädigt als ihre Fähigkeit, minder gut agglutinablen Typhus wachsen zu lassen; der Agglutinationstiter liegt beim Zusatz der stark erhitzten Kulturportionen höher als ihm bei etwa parallelem Verlauf beider Schädigungen für die Wachstumsgrenze zukäme.

Der Grenzwert der Agglutinierbarkeit bei Zusatz von 4 ccm $^1/_2$ Stunde auf 110° erhitzten Pyocyaneuskultur liegt aber höher als bei der Serumverdünnung 1 : 1000. Da die Intensität mit ++ bezeichnet werden konnte, ist es sicher, daß die eigentliche Grenze zwischen 1 : 1000 und 1 : 5000 liegt und jedenfalls höher hinaufreicht, als der Titer des Typhusstammes, der auf dem Nährboden mit Zusatz von 3 ccm $^1/_2$ Stunde auf 100° erhitzter Pyocyaneuskultur gewachsen ist.

Die Fähigkeit, dem Typhusbazillus seine Agglutinierbarkeit zu nehmen, ist nach ihrem Grade nicht konstant, weil auch der Grenztiter der normalen Typhuskultur stets schwankt. Hat man ein Agarröhrchen mit Typhus vor sich, von dem die Überimpfung auf gewöhnlichen Agar einen etwas höhern Agglutinationstiter besitzt, dann kann man sicher sein, daß auch der auf schädigendem Nährboden wachsenden Varietät ein höherer Titer zukommt. So erklären sich die etwas höheren Titerzahlen in der Tabelle 5. Da man nämlich ein Röhrchen mit 10 ccm Agar und noch bis zu 5 ccm Zusatz nur schlecht schräg legen kann, habe ich den Inhalt nach genauester Mischung auf 2 sterile Eprouvetten verteilt und auf diese Weise stets je 2 Röhrchen mit qualitativ identischem Inhalt zur Verfügung gehabt.

Von dem vorigen Versuch her über die Wirkung der verschiedenen Erhitzung auf die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneus hatte ich noch die zweite Serie Röhrchen zur Verfügung.

Von diesen Agarröhrchen werden diejenigen, auf welchen im vorigen Versuch die schlechtest agglutinablen Typhusrassen gewachsen waren, beimpft, um festzustellen, wie lange eventl. bei der Fortzüchtung durch tägliches Abimpfen auf gewöhnlichen Agar sich die Eigenschaft schlechter Agglutinabilität forterbt. Hatte ich doch früher genug experimentell in ihrer Agglutinabilität geschädigter Typhusvarietäten in Händen, die durch mehr oder minder viel Generationen die erworbene Eigenschaft schlechter Agglutinierbarkeit fest hielten, ja sogar auf folgende Generationen die Tendenz des Rezeptorenverlustes vererbten, derart daß die ersten Abimpfungen auf Agar noch schlechter agglutinabel waren als die Typhusbazillen des urspünglichen Röhrchens. In dieser Weise zeichneten sich durch hohen Agglutinierbarkeitsverlust und außerordentliche Hartnäckigkeit im Festhalten des Verlustes durch viele Generationen hier

durch besonders die experimentell in enger Symbiose mit Koli oder Hefe gewesenen Typhusbazillen aus. Es kann Grad und Tenazität der schlechten Agglutinierbarkeit schließlich einen so hohen Grad erreichen, daß es große Schwierigkeiten macht, nur mit Hilfe der Agglutination und des chemisch-biologischen Verhaltens ohne Zuhilfenahme des Pfeifferchen Versuchs die Identität zu beweisen. In einem Falle gelang es mir nur durch Immunisieren eines kleinen Versuchstiers mit der fraglichen Varietät und Gewinnung eines Typhus ziemlich hoch agglutinierenden Serums.

Den Fortzüchtungsversuch von Typhuskulturen, die durch die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneusbazillus in ihrer Agglutinierbarkeit geschädigt waren, gibt Tabelle 5 an. Der ursprüngliche Titer stellt sich der zeitlich intensiveren Agglutinierbarkeit des Normalstammes entsprechend etwas höher als in Tabelle 4. Man sieht, daß schon in der ersten Abimpfung der Titer gewaltig in die Höhe geht und in den meisten Fällen den normalen Grenzwert überschreitet. Es hat aber auch den Anschein, daß diese reaktive Überproduktion von Rezeptoren sich nicht auf alle agglutinierenden Partialrezeptoren in gleicher Weise geltend macht: Das durch mehrere Grade der Serumverdünnung anhaltende einfache + des Grenzwertes deutet darauf hin. Die zweite Abimpfung zeigt auch noch vielfach die Rezeptorenvermehrung als Reaktion auf die vorher auf der Rezeptorenbildung lastende Anwesenheit der Pyocyaneusstoffwechselprodukte. Der gewissermaßen fadenförmige Ausläufer der einzelnen Kurven

Tabelle 5.

Nr. der Abimpfung	Erhitzungsgrad des Pyoc.	Menge des Pyoc.	Agglutination						
			1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000	1 : 50 000
Original	bis 85°	1 ccm	+	—	—				
		2 „	+	—	—				
	bis 100°	1 ccm	++	—	—				
		2 „	+	—	—				
	½ Stunde 110°	3 ccm	++	—	—				
		4 „	++	—	—				
I. Abimpfung	bis 85°	1 ccm			+++	++	+	+	—
		2 „			+++	++	+	+	—
	bis 100°	1 ccm			+++	+	—	—	—
		2 „			+++	++	+	+	—
	½ Stunde 110°	3 ccm			+++	++	+	+	—
		4 „			+++	++	—	—	—
II. Abimpfung	bis 85°	1 ccm				+++	+++	+	—
		2 „				+++	+++	++	—
	bis 100°	1 ccm				+++	+++	—	—
		2 „				++	—	—	—
	½ Stunde 110°	3 ccm				+++	—	—	—
		4 „				+++	+++	++	—
Kontrolle ohne Zusatz.						+++	++	—	—

ist verschwunden; er ist einem der Serumverdünnung entsprechenden Abfall der Agglutinationsintensität gewichen. Der Titer einzelner Reihen ist schon wieder ein Geringes unter der Norm und es läßt sich nicht sagen, ob diese Erscheinung nur ein kleines Hin- und Herpendeln des Titers als Spätreaktion bedeutet oder weiter nichts ist als die Grenzwertschwankung wie sie auch normalerweise vorkommt.

Jedenfalls lehrt die Tabelle 5, daß von einer durch Generationen fortzüchtbaren Typhusvarietät mit der Eigenschaft schlechter Agglutinierbarkeit hier nicht die Rede sein kann.

Auch aus dem Anhang des nächsten Versuchs (Tabelle 6) kommen wir zu demselben Ergebnis. Diese Versuchsreihe dient der Feststellung, ob der Pyocyaneusbazillus bloß in flüssigen Nährböden diejenigen Stoffwechselprodukte bildet, welche als Zusatz zu Agar dem darauf wachsenden Typhusbazillenstamm einen Teil seiner Agglutinierbarkeit nehmen.

Das Ausgangsmaterial bilden zwei Agarkulturen von Pyocyaneus, die sechs Tage im Brütschrank gestanden haben.

Tabelle 6.

Nr. der Abimpfung	Menge des Pyoc.-Agars	Agglutination						
		1 : 1000	1 : 5000	1 : 10000	1 : 20000	1 : 30000	1 : 40000	1 : 50000
Original	0				+++	++	++	−
	0,5 ccm				+++	++	+	−
	1 „				++	+	−	−
	2 „		+	+	+	−		
	3 „	++	−					
	4 „	++	−					
I. Abimpfung	0				+++	++	−	−
	0,5 ccm				+++	++	−	−
	1 „				+++	++	−	−
	2 „				+++	++	−	−
	3 „				+++	++	−	−
	4 „				+++	++	−	−
II. Abimpfung	0				+++	++	+	−
	0,5 ccm				+++	++	+	−
	1 „				+++	++	−	−
	2 „				+++	+	−	−
	3 „				+++	+	−	−
	4 „				++	−	−	−

Die beiden Kulturen werden bei 100° eingeschmolzen, zusammengegossen und in abgestuften Mengen wie in allen andern Versuchen zu je 10 ccm gewöhnlichen Agars zugesetzt. Die Mischröhrchen lassen wir wieder schräg erstarren und beimpfen sie nach dem Trockenwerden der Oberfläche mit Typhus. Mit zunehmenden Mengen des Zusatzes von Pyocyaneus-Agar fällt der Agglutinationsgrenzwert des Typhus immer mehr ab; er sinkt schließlich bis 1 : 1000. Aber auch hier hält die verringerte Agglutinierbarkeit den Überimpfungen auf gewöhnlichen Agar nicht stand. Schon in

der ersten Abimpfung ist — mit seltener Übereinstimmung — der Titer aller vom Pyocyaneus-Agar kommenden Typhusbazillen gleich dem der Kontrolle. In der zweiten Abimpfung stellen sich die üblichen Titerschwankungen nach oben und nach unten hin ein, ohne indessen höhere Grade zu erreichen.

Es sei bloß noch auf die eigenartige Erscheinung der gewissermaßen fadenförmigen Kurve hingewiesen, die in der Reihe der Tabelle auftritt: Original, 2 ccm Pyocyaneuszusatz.

Im vorhergehenden ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, daß auch — ebenso wie in meinen früheren Versuchen — bei den auf dem Pyocyaneus enthaltenden Nährboden gewachsenen Typhusbazillen die Verringerung der Agglutinierbarkeit mit einer Abnahme der Rezeptoren einhergeht.

Der Versuch nach Castellani beweist dies:

Eine Voruntersuchung ergibt, daß er für unsere Zwecke am besten folgendermaßen angestellt wird: Je 2 ccm unserer Serumverdünnung 1 : 500 werden mit einer Öse von 2 mg unseres Normaltyphus und mit verschiedenen durch Pyocyaneusstoffwechselprodukte in ihrer Agglutinierbarkeit verschieden stark geschädigten Varietäten dieses Stammes versetzt und 5 Stunden lang in den Brütschrank gestellt. Diese lange Zeitdauer wurde gewählt, um auszuschließen, daß etwa die auf den Pyocyaneusprodukten gewachsenen Typhusbazillen ebenso viel Rezeptoren bilden wie die Kontrolle, aber in der Hinsicht geschädigt sind, daß die Bindung dieser Rezeptoren an das Agglutinin längere Zeit erfordert.

Nach 5 Stunden werden die Proben, die in Zentrifugenspitzgläschen angesetzt waren, zentrifugiert; die überstehende Serumlösung wird abgegossen und unverdünnt sowie in verschiedenen Verdünnungsgraden mit Normaltyphus auf ihren Restgehalt an Agglutinin ausgeprüft. Es ist klar, daß der Resttiter des Serums um so höher sein muß, je weniger Agglutinin durch die 2 mg Typhusbazillen herausgenommen wurden; die Bazillen werden aber umso weniger Agglutinine binden, je weniger Bindungsmöglichkeiten, d. h. Rezeptoren, sie besitzen. Nun ist aber der Titer des durch Zentrifugieren von den Typhusbazillen — vor allem von den Häufchen — befreiten Serums um so höher, je geringer die Agglutinierbarkeit der jeweils verwendeten Typhusvarietät gewesen ist. Daraus folgt, daß die Verringerung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus durch sein Wachstum auf Stoffwechselprodukten des Pyocyaneusbazillus einhergeht mit einer Verringerung in der Rezeptorenzahl (Tabelle 7).

Tabelle 7a.

Menge des Pyocyaneus	Agglutinierbarkeit der Typhusvarietätäten						
	1 : 500	1 : 1000	1 : 5000	1 : 10 000	1 : 20 000	1 : 30 000	1 : 40 000
0					+++	++	—
0,1 ccm					+++	++	—
0,5 „					+++	++	—
1 „					+++	++	—
2 „		+++	++	+	—		—
3 „	+++	++	—				—
4 „	+++	+	—				—

Tabelle 7b (Castellani).

In 7a Menge des Pyocyaneus	Agglutinationswert des Restserums						
	1:500	1:1000	1:5000	1:10 000	1:20 000	1:30 000	1:40 000
0	+++	+++	—	—	—	—	—
0,1 ccm	+++	+++	+	—	—	—	—
0,5 „	+++	+++	+	+	—	—	—
1 „	+++	+++	++	++	+	—	—
2 „	+++	+++	+++	++	+	—	
3 „	+++	+++	+++	+++	+	—	
4 „	+++	+++	+++	+++	+	—	

Die für den Castellanischen Versuch benutzten Typhusvarietäten stammen von Agarröhrchen, die mit 14 Tage alter, durch Erhitzen auf 85° sterilisierter Pyocyaneus-Bouillonkultur versetzt waren.

Das Absorptionsexperiment zeigt den Einfluß der Pyocyaneusstoffwechselprodukte auf die agglutinablen Komplexe im Typhusbazillus noch deutlicher, als die direkte Agglutinationsreihe in Tabelle 7a. Wo dort, bei geringen Zusätzen von Pyocyaneusbouillon, noch keine Erniedrigung des agglutinativen Titers konstatiert werden kann, zeigt der Castellanische Versuch deutlich an, daß die beeinflußte Varietät des Typhus ceteris paribus weniger Agglutinin gebunden hat, als der unveränderte Stamm im Kontrollversuch. Der weitere Abfall der durch stärker beeinflußte Typhusbazillen gebundenen Agglutininmengen zeigt sich „im Castellani" teils durch ein quantitatives Steigen des Agglutinationstiters, teils durch qualitative Verstärkung der spezifischen Wertigkeit des Restserums.

Es gibt nun für die Erklärung des hier experimentell untersuchten Phänomens drei Erklärungsmöglichkeiten. Die erste ist, daß der Typhusbazillus auf dem mit Pyocyaneusstoffwechselprodukten versetzten Agar zwar Rezeptoren bildet; daß aber den Produkten die Fähigkeit zukommt, die Rezeptoren zu binden — ohne daß wie bei Zusatz von spezifischem Serum Agglutination eintritt. Die zweite Möglichkeit besteht darin, daß die Typhusbazillen Rezeptoren bilden, daß aber die mit den Bazillen ins Serum eingetragenen kleinen Mengen von Pyocyaneusstoffwechselprodukten entweder die Agglutinine binden, sodaß für die Typhusrezeptoren nichts mehr übrig bleibt oder die Bindung Agglutinin-Rezeptor durch ihre bloße Anwesenheit, gewissermaßen eine „katalytische Hemmung" verhindern. Die Wirksamkeit einer Agglutininbindung mit dem Ergebnis der uns hier interessierenden Wirkung können wir jetzt schon ausscheiden, weil ja sonst die Typhusrezeptoren plus etwaige agglutininbindende Stoffwechselprodukte des Pyocyaneus aus dem Serum im Castellanischen Versuche mehr Agglutinine hätten herausnehmen müssen, als die Typhusbazillen allein im Kontrollversuch; das war aber nicht der Fall. Eine geringfügige Minderung des Serumwerts durch die Pyocyaneusstoffwechselprodukte findet, wie wir weiter unten sehen werden, tatsächlich statt; sie ist aber zu geringfügig, um hier praktisch ins Gewicht zu fallen. Drittens ist es möglich, daß die Typhusbazillen, die auf einem durch Pyocyaneusstoffwechselprodukte verschlechterten Nährboden wachsen, weniger Rezeptoren bilden.

Diese Möglichkeiten sollen im folgenden auf Wert oder Unwert experimentell geprüft werden.

In sehr einfacher Weise läßt sich für die stets im vorhergehenden eingehaltene Versuchsanordnung summarisch nachweisen, daß die Agglutinationsherabsetzung der auf den Stoffwechselprodukten gewachsenen Typhusbazillen weder durch die Bindung der vom Typhus gebildeten Rezeptoren erfolgt, noch durch Bindung von Agglutininen oder durch „katalytische Hemmung" der Vereinigung Rezeptor-Agglutinin.

Tabelle 8.

Menge des Pyocyan.	Agglutination								
	1:100	1:500	1:1000	1:5000	1:10000	1:20000	1:30000	1:40000	1:50000
0				+++	+++	+++	+++	++	—
1 ccm						+++	++	+	—
3 „			+	+	+	+	—	—	—
5 „	++++	+	—	—	—	—	—	—	—

100 ccm einer 29tägigen Pyocyaneus-Kultur in Bouillon werden durch ein steriles Papierfilter koliert, um die Kultur von allen makroskopisch sichtbaren Bazillenanhäufungen zu befreien. Das Filtrat wird auf 100° erhitzt. Es ist dann eine absolut sterile und klare, intensiv grün gefärbte Flüssigkeit das Ausgangsmaterial für die folgenden Versuche.

Zunächst wird dieses Pyocyaneus-Filtrat auf seine Fähigkeit geprüft, den Typhus unternormal agglutinabel zu machen. In derselben Weise wie bisher werden verschiedene Mengen zu je 10 ccm verflüssigtem Agar zugesetzt. Die auf diesem Mischnährboden gewachsenen Typhusbazillen zeigen in hohem Maße eine Beeinträchtigung ihrer Agglutinierbarkeit. Das Kulturfiltrat ist also für die folgenden Untersuchungen geeignet. Tabelle 8.

Wir stellen uns nun aus unserm hochwertigen Serum zwei Reihen von Verdünnungen gleichen Grades her: die eine in der gewöhnlichen Weise mit 0,8%iger Kochsalzlösung, die andere mit der filtrierten Pyocyaneusbouillon. Beide Reihen haben vollständig identischen Agglutinationseffekt.

Damit ist es entschieden, daß die Ursache der schlechteren Agglutinierbarkeit des auf den Pyocyaneusstoffwechselprodukten gewachsenen Typhusbazillus nicht eine nach dem Wachsen einsetzende ist, sondern daß der auf dem Pyocyaneusnährböden wachsende Typhusbazillus weniger Rezeptoren bildet.

Wenn wir die vorhin genannten drei Möglichkeiten für die experimentelle Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus durch die Pyocyaneusstoffwechselprodukte noch einmal rekapitulieren und die beiden Erstgenannten einzeln über das praktische Bedürfnis dieser Arbeit hinaus zur theoretischen Ergänzung unseres Wissens studieren, so ist damit ausgedrückt, was der nachfolgende Schlußteil der vorliegenden Arbeit noch bringen will.

Zunächst handelt es sich um die Frage, ob es möglich ist, dem normalerweise mit Rezeptoren versehenen Typhusbazillus innerhalb relativ kurzer Versuchsdauer und ohne Zuhilfenahme weiterer schädigender Eingriffe durch die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneusbazillus einen Teil seiner fertigen Rezeptoren wieder abzunehmen.

Zunächst scheint der Versuch am zweckmäßigsten ausführbar, wenn man in je $^{1}/_{2}$ ccm Pyocyaneusstoffwechselprodukte (von der sterilisierten und filtrierten 29tägigen Kultur in Bouillon) in mehreren Röhrchen und ebenso in mehrere Röhrchen mit je $^{1}/_{2}$ ccm physiol. Kochsalzlösung 1 Öse Typhus einschwemmt, die Röhrchen dann durch einstündiges Erhitzen auf 60° steril macht und auf 24 Stunden in den Brutschrank stellt. Wenn man nachher zu jedem Röhrchen $^{1}/_{2}$ ccm einer Serumlösung von doppelter Stärke zusetzt, als sie der Titer am Kopfe jeder Kolumne angibt, kann man den agglutinativen Wert feststellen. Es war natürlich nach den Untersuchungen Wassermanns und anderer von vornherein wahrscheinlich, daß auch die Agglutinierbarkeit des in Kochsalzlösung aufgeschwemmten Typhusbazillus durch das Erhitzen leiden würde. Der Versuch bestätigt diese Vermutung und zeigt, daß die in Pyocyaneusbouillon erhitzten Typhusbazillen ebenso stark aber auch nicht um eine Spur mehr in ihrer Agglutinierbarkeit geschädigt werden.

Derselbe Versuch wird dann noch einmal mit Typhusaufschwemmungen gemacht, die ohne Erhitzen auf 24 Stunden in den Brütschrank kommen und dann mit Serum versetzt werden. Ihr Titer steht in der Versuchsreihe mit Pyocyaneusbouillon und Kochsalzlösung gleich hoch wie bei der Agar-Kontrollkultur: bei 1 : 40000 + +.

Es mag an dieser Stelle kurz erwähnt sein, daß auch die Lebensdauer des Typhus in dieser Pyocyaneusbouillon geprüft wurde. Eine 2 mg Öse Typhus wurde in 1 ccm Pyocyaneus aufgeschwemmt und in den Brutschrank gestellt. Nach verschiedenen Zeiten wird eine Öse voll davon auf Schrägagar ausgestrichen. Nach 3 Stunden langer Einwirkung gehen nur noch vereinzelte Kolonien an und schon nach 6 Stunden bleibt der Ausstrich auf Agar steril. Zu der Aufschwemmung wird nach 48 Stunden $^{1}/_{100}$ ccm Serum zugesetzt, um festzustellen, ob noch Agglutinierbarkeit vorhanden ist. Es tritt sofortige Agglutination ein.

Es ist uns also nicht gelungen, fertige Agglutininrezeptoren des Typhusbazillus durch Stoffwechselprodukte des Pyocyaneus unwirksam zu machen.

Es ist bisher stets von den Stoffwechselprodukten des Bac. pyocyaneus die Rede gewesen, weil stets mit steril gemachten Kulturen gearbeitet wurde. Dem Studium der Wirkung lebender Pyocyaneusbazillen dient der folgende Versuch.

In 1 ccm steriler physiologischer Kochsalzlösung werden je eine 5 mg Öse Typhus- und Pyocyaneusbazillen aufgeschwemmt. Nach verschiedenen Zeiten wird eine Öse voll über eine Drigalskiplatte geschickt und eine gefundene Typhuskolonie auf Agar ausgestrichen. Nach 24 Stunden wurde zuletzt noch eine Typhuskolonie gefunden; nach drei Tagen nicht mehr. Ihre Agglutinierbarkeit war nie herabgesetzt. Sie sind allerdings über Drigalski-Agar und über gewöhnlichen Agar gegangen bis sie zur Untersuchung kamen. Nach 6tägigem Aufenthalt im Brütschrank wird zu der Aufschwemmung unser hochwertiges Serum im Verhältnis 1 : 100 zugesetzt. Die Agglutination ist für die starke Konzentration nur mäßig.

Die Schlußuntersuchung soll die Frage zur Entscheidung bringen, ob die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneusbazillus imstande sind, bei längerer Einwirkungsdauer Agglutinine zu zerstören.

Zu diesem Zwecke wird eine Reihe Röhrchen, die auf je 0,9 ccm Pyocyaneusbouillon von der 29 Tage alten, filtrierten und sterilisierten Kultur 0,1 ccm der verschiedenen Serumverdünnungen enthalten, auf 24 Stunden in den Brutschrank gestellt. Dann werden von den einzelnen Röhrchen Verdünnungen mit physiologischer Kochsalzlösung hergestellt und diese auf ihren agglutinierenden Wert geprüft (Tabelle 9).

Tabelle 9.

	Zusatz von 0,1 ccm der Verdünnung.	Gesamtstärke der Verdünnung	Agglutination bei der Verdünnung			
			1:20000	1:30000	1:40000	1:50000
0,9 ccm Pyocyaneus	1:10	1:100	+++	+++	++	—
	1:100	1:1000	+++	+++	++	—
	1:500	1:5000	+++	+++	++	—
	1:1000	1:10000	+++	+++	++	—
	1:2000	1:20000	++	+	—	—
	1:3000	1:30000		+	—	—
	1:4000	1:40000			—	—

Hierbei ergibt sich, daß die 0,9 ccm Pyocyaneusbouillon auf größere Serummengen keinen agglutinationsmindernden Effekt haben. Die Serummengen von $^1/_{100}$ ccm bis herab zu $^1/_{10000}$ ccm werden nicht abgeschwächt. $^1/_{20000}$ ccm Serum und noch weniger wird durch 0,9 ccm Pyocyaneusbouillon innerhalb 24 Stunden aber deutlich beeinträchtigt.

Ergebnisse:

1. Die Stoffwechselprodukte von Pyocyaneusbazillen aus Bouillon- oder von Agarkulturen sind imstande, bei Zusatz zu Agar die auf dem Mischnährboden wachsenden Typhusbazillen schlechter agglutinabel zu machen, als es der Normalstamm ist.

2. Je größer der Zusatz von sterilisierter Pyocyaneuskultur zum Agar ist, desto geringer wird auch die Agglutinierbarkeit der auf diesem Mischagar wachsenden Typhusbazillen.

3. Die schlechtere Agglutinierbarkeit der Typhusbazillen, die auf mit Pyocyaneusstoffwechselprodukten versetztem Agar gewachsen sind, ist bedingt durch ihre geringere Rezeptorenzahl für Agglutinine.

4. Die geringere Rezeptorenzahl ist dadurch verursacht, daß der Typhusbazillus auf dem verschlechterten Nährboden weniger Rezeptoren bildet.

5. Die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneusbazillus sind imstande, bei längerer Einwirkungszeit in ganz geringem Maße Agglutinine unwirksam zu machen; aber nur in den starken Verdünnungen des Serums.

6. Die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneus, welche die Agglutinierbarkeit der auf ihnen wachsenden Typhusbazillen herabsetzen, sind in hohem Maße hitzebeständig.

Abgeschlossen am 10. November 1907.

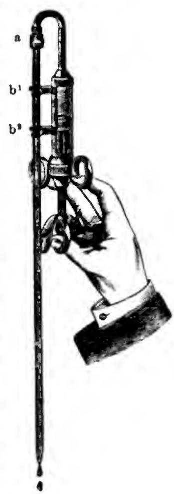
Eine Präzisionssaugvorrichtung für Meßpipetten.

Von

Dr. Woithe,

K. Bayer. Oberarzt, kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamt.

Beim Arbeiten mit Meßpipetten ergeben sich aus der Notwendigkeit des Ansaugens mit dem Munde verschiedene Übelstände, die ein genaues Abmessen kleiner Mengen von Seris, Bakterienaufschwemmungen usw. recht erschweren. Man hat wiederholt versucht, an den Pipetten Vorrichtungen anzubringen, welche die Gefahren und Unbequemlichkeiten der gewöhnlichen Aufsaugmethode beseitigen sollten, keine hat sich jedoch bis jetzt als praktisch brauchbar und unbedingt zuverlässig erwiesen. Ich glaube nun, daß ein nach meinen Angaben konstruiertes kleines Instrument, das ich im folgenden beschreiben will, geeignet ist, das Manipulieren mit Meßpipetten erheblich zu erleichtern, und deshalb für einen weiteren Kreis von Bakteriologen von Interesse sein wird.



Meine Saugvorrichtung besteht aus einer kleinen, etwa 5—7 ccm fassenden Spritze, die auf die Pipetten leicht aufgesetzt werden kann. Ihre Form ist aus nebenstehender Abbildung ersichtlich.

Das Wesentliche und Neue der Konstruktion liegt in dem U-förmigen Ansatzrohr und den seitlich an der Fassung der Spritze angebrachten federnden Haltern, durch welche die Pipette fest und doch leicht auslösbar mit der Spritze verbunden wird, ohne daß sich dabei eine Verlängerung des Ganzen ergibt. Einen weiteren Vorteil bedingen die drei für Daumen, Zeige- und Mittelfinger bestimmten Ringe an Kolbenstange und Spritzenkörper; ermöglichen sie es doch, daß der Apparat mit einer Hand bequem bedient und sicher in Augenhöhe gehalten werden kann. Ich will zunächst die Einzelheiten der Konstruktion beschreiben, dann kurz die Art der Verwendung des Instruments besprechen und schließlich eine genaue Gebrauchsanweisung geben.

Die Spritze besteht aus einem Glasrohr, das von einer Metallfassung umschlossen wird; sie ist vollkommen zerleg- und in allen ihren Teilen sterilisierbar. Die graduierte

Kolbenstange trägt, wie bereits erwähnt, den für den Daumen bestimmten Ring, die Metallfassung des Spritzenkörpers seitlich die beiden Ringgriffe für Zeige- und Mittelfinger. Der Kolben besteht aus dem gegen Hitze und chemische Agentien sehr widerstandsfähigen Durit und läßt sich durch Drehung des Stieles regulieren. Die Spritze trägt den bereits erwähnten **U**-förmig gebogenen Rohransatz, der sich an seiner Mündung bei a auf etwa das Dreifache seines Durchmessers erweitert und hier mit einem Gewinde versehen ist. Im Innern dieser Ausweitung steckt ein kurzes Stückchen dickwandigen Gummischlauchs, das etwa 2 mm daraus hervorsieht; es kann leicht von jedermann herausgenommen und ausgewechselt werden. Eine auf das erwähnte Gewinde aufschraubbare durchbohrte Metallkappe preßt das hervorstehende Ende des Gummischlauches in die Breite und fest in die Erweiterung des Ansatzrohres hinein. An der einen Längsschiene der Spritzenfassung sind bei b^1 und b^2 zwei federnde Halter von der aus der Figur ersichtlichen Form festgelötet.

Die beschriebene Vorrichtung läßt sich auf die unten zu besprechende Art und Weise leicht und schnell auf Meßpipetten befestigen. Die Ausmessungen der Rohrmündung, der Kappenbohrung sowie der federnden Halter sind zunächst auf hundertteilige Einkubikzentimeter-Pipetten berechnet, es lassen sich jedoch auch größere verwenden, sofern ihr Körper wenigstens in der Länge a—b^2, d. s. ca. 6 cm, dünn ausgezogen ist. Das Kaliber der Spritze (5—7 ccm) steckt natürlich gewisse Grenzen. Kleine Schwankungen des Pipettendurchmessers sind belanglos, da die eigenartige Gummidichtung in dieser Hinsicht einen gewissen Spielraum gestattet.

Man verwendet die Vorrichtung mit Vorteil in folgenden Fällen:

1. Beim Arbeiten mit besonders giftigem, infektiösem oder ekelerregendem Material.
2. Wenn man geringe und geringste Mengen (einzelne Teilstriche) genau dosiert aufsaugen und dann ausfließen lassen will.
3. Zum restlosen Abhebern von Flüssigkeiten, die über Bodensätzen stehen.
4. Zum genauen Bestimmen der Tropfengröße.

Es leuchtet auf den ersten Blick ein, daß die Gefahr der Laboratoriumsinfektion wesentlich verringert wird, wenn man infektiöses Material (Pest-, Cholera-Aufschwemmungen, Tb.-Verreibungen usw.) nicht mehr mit dem Munde aufsaugen muß; die Verwendung meiner Saugvorrichtung schließt jede derartige Gefahr aus und gestattet außerdem ein erheblich präziseres Arbeiten. Der Spritzenkolben geht so leicht und gleichmäßig, daß die Flüssigkeit bequem strichweise in die Höhe gezogen werden kann; außerdem läßt sich das Aufziehen genau mit dem Auge verfolgen, so daß ein Aufsteigen von Luftblasen bei einiger Vorsicht als ausgeschlossen erscheinen muß. Infolgedessen kann es kaum vorkommen, daß von dem infektiösen Material etwas über den kalibrierten Teil der Pipette hinaus, oder gar durch das **U**-förmige Ansatzrohr bis in die Spritze gelangt. Sollte sich infolge eines Fehlgriffes doch etwas derartiges ereignen, so ließe sich die Spritze leicht und sicher durch Dampf usw. desinfizieren. In der Regel wird sich beim Gebrauch der Vorrichtung eine Sterilisation des Instruments, das ja nur mit dem nicht kalibrierten Teil der Pipette in Verbindung steht, erübrigen.

Infolge der bequemen Haltung der Hand und der genauen Kontrolle des Aufsaugens mittels der Augen vermag man die kleinsten Mengen (einzelne Tropfen) in die Pipette zu bringen und dann, genau dosiert, wieder ausfließen zu lassen. Die aufgesaugte Flüssigkeitssäule bleibt in jeder beliebigen Höhe stehen, kann also zwischen bestimmten Teilstrichen eingestellt werden.

Das Abhebern von Flüssigkeiten, die in geringer Menge über Niederschlägen (Zentrifugaten) stehen, gelingt leicht und restlos. Ein Aufrühren des Bodensatzes findet bei einiger Sorgfalt nicht statt, da man die Pipettenmündung unter der Kontrolle des Auges sicher dirigieren, die Entstehung eines Strudels durch langsamstes Aufziehen vermeiden kann.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil des Apparates ist es, daß sich mit seiner Hilfe die Tropfengröße der Pipetten genau bestimmen läßt, wie leicht daraus erhellt, daß die Flüssigkeit um Bruchteile eines Teilstrichs vorwärts bewegt, jederzeit präzise angehalten und ihr Stand abgelesen werden kann.

Beim Gebrauch meiner Saugvorrichtung wolle man folgendermaßen verfahren:

Man prüfe zunächst die Spritze darauf, daß sie fest zusammengeschraubt ist, der Kolben leicht und gleichmäßig läuft. Sollte er sich einmal ruckweise bewegen, so genügt ein leichtes Betupfen des Durits mit Öl (Knochen-, Olivenöl und dergl., nicht Maschinenöl!), um ihn wieder geschmeidig zu machen und einen gleichmäßig weichen Gang im Glaszylinder zu erzielen. Dann schraube man von der Mündung des **U**-förmigen Ansatzrohres die Kappe um einige Windungen zurück (sie braucht nie ganz entfernt zu werden), drücke das obere Ende der Pipette seitlich in die federnden Halter b^1 und b^2, schiebe es dann nach a zu durch die Bohrung der Kappe in die Gummidichtung, und drehe es kräftig in die letztere hinein, natürlich so, daß die Teilung der Pipette bequem abgelesen werden kann. Schraubt man schließlich die durchbohrte Kappe fest auf, so ist der Apparat gebrauchsfertig, die Pipette fest und dicht mit der Spritze verbunden; die Arbeitshand, deren Finger in den Ringgriffen liegen, hat Spritze und Pipette vollkommen in der Gewalt. Alles Weitere ergibt sich dann von selbst. Man hält den Apparat mit der Arbeitshand, das Gefäß, aus dem aufgesaugt werden soll, mit der anderen in Augenhöhe; dabei kann man mit den Fingern der zweiten Hand noch die Pipette stützen. Durch Abspreizen des Daumens wird dann der Kolben nach abwärts bewegt, die Flüssigkeit angesaugt usw. Die weiteren Einzelheiten ergeben sich von selbst beim Gebrauch. Es sei hier nur darauf hingewiesen, daß man gut tut, den Spritzenkolben vor der Benutzung nicht ganz bis an das Ende der Spritze zu schieben, ihn vielmehr so einzustellen, daß noch etwas Luft in ihr bleibt. Dann gelingt es absolut sicher, beim Ausblasen der Flüssigkeit auch die letzten Spuren zum Ausfließen zu bringen.

Behufs Schonung des Duritkolbens empfiehlt es sich, nach der Benutzung der Spritze die den Kolben zusammenpressende Mutter etwas zu lösen.

Einer Anregung des Herrn Dr. Hailer folgend habe ich einzelne Pipetten so anschleifen lassen, daß Kanülen auf ihre Ausflußöffnung aufgesetzt werden können.

Dadurch scheint sich die Verwendbarkeit des kleinen Apparates erheblich zu erweitern. Es wird auf diese Weise möglich, kleinste Mengen genau dosiert direkt aus der Pipette Tieren einzuspritzen. Der tote Raum der durch Aufsetzen der Kanülen entstehenden „Pipettenspritzen" ist minimal, nämlich annähernd gleich dem Fassungsvermögen der Hohlnadel. Zum Gebrauch möchte ich nur Folgendes bemerken: Die ganz oder teilweise zu injizierende Flüssigkeitsmenge muß etwas in die Höhe gesaugt werden, sodaß sie zwischen zwei beliebigen Teilstrichen steht. Dann kann man mittels einer sterilen Pinzette die Mündung der Pipette mit der Kanüle armieren, ohne daß Flüssigkeit dabei ausläuft. Die Haltung des Apparates ergibt sich bei der Benutzung von selbst.

Die beschriebene Präzisionssaugvorrichtung wird von der Firma Paul Altmann, Berlin NW angefertigt.

Nachtrag bei der Korrektur: Neuerdings wird die Spritze ganz aus Metall hergestellt. In dieser veränderten Gestalt ist das Instrument zwar ein wenig teurer, dafür kommen aber die durch den Duritkolben verursachten kleinen Unbequemlichkeiten (Einölen, Regulieren usw.) in Wegfall.

Über das Molekulargewicht des im Koniferenhonig vorkommenden Dextrins.

Von

Dr. Hermann Barschall,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Einleitung.

Die Auffindung dextrinreicher und damit rechtsdrehender Naturhonige durch Haenle[1]) und die Bestätigung dieses Befundes durch Amthor[2]), v. Raumer[3]), Mader[4]) bedeutete für die Nahrungsmittelchemiker eine erhebliche Erschwerung der Aufgabe, die Verfälschung des Honigs durch Zusatz von Stärkesirup oder Stärkezucker zu erkennen. Während man früher die Beimischung von Stärkefabrikaten an dem Eintritt einer Fällung bei Zusatz von Alkohol und an dem Zurückbleiben eines rechtsdrehenden Rückstandes nach der Vergärung mit Hefe mit Sicherheit zu erkennen geglaubt hatte, mußte man sich jetzt auf den Einwand gefaßt machen, daß im Elsaß und im Schwarzwald verbreitete Koniferenhonige, an deren Echtheit nicht zu zweifeln war, dieselben Merkmale starken Dextringehaltes aufwiesen, wie die mit Stärkesirup künstlich verfälschten. Zum Glück ergaben bald nähere Untersuchungen, daß den Honigdextrinen Eigenschaften zukommen, welche auf einen vorgeschrittenen hydrolytischen Abbau und ein im Verhältnis zu dem des gewöhnlichen Dextrins kleines Molekulargewicht schließen lassen, und daß es auf Grund dieser Eigenschaften möglich ist, das Honigdextrin von dem Stärkedextrin zu unterscheiden. So wurde versucht, das Honigdextrin durch seine leichte Dialysierbarkeit vom Stärkedextrin zu trennen. Auch stellte es sich heraus, daß unter bestimmten Bedingungen und bei Verwendung gewisser Reinhefen Honigdextrin vergoren werden kann, während unter den gleichen Verhältnissen das Stärkedextrin der Vergärung widersteht. Doch stieß die Anwendung dieser beiden Verfahren auf erhebliche Schwierigkeiten. Erst Beckmann[5]) gelang es, eine einfache und sichere Methode zum Nachweis von Stärkedextrin zu finden. Es zeigte sich nämlich, daß nur die höher molekularen Dextrine des Stärkesirups und Stärkezuckers durch Barytwasser und Methylalkohol

---

[1]) Wiggers und Husemann, Jahresbericht **1883—1884**, 590.
[2]) Bericht über die 6. Vers. der freien Vereinig. Bayr. Vertr. d. angew. Chem. **1887**.
[3]) Zeitschr. angew. Chem. **1889**, 607.
[4]) Arch. Hyg. **1890**, 399.
[5]) Zeitschr. analyt. Chemie **1896**, **35**, S. 263.

gefällt werden, in dextrinreichem Naturhonig dagegen bei Zusatz dieser Reagentien nur sehr geringe Fällungen auftreten.

Während so die erwähnte Schwierigkeit in dem analytischen Nachweis von Honigverfälschungen zum größten Teil als behoben betrachtet werden darf, erregten doch noch weiterhin die merkwürdigen Eigenschaften des Honigdextrins den Wunsch zu weiterer Erforschung [1]). Zuerst sei hier eine eingehende Untersuchung von Hilger erwähnt, der wir eine sehr wertvolle Verbesserung der Darstellungsmethode und eine ausführliche Beschreibung besonders der chemischen Eigenschaften des Honigdextrins verdanken. Hilger bedient sich als Fällungsmittels eines Gemenges von 80% Äthylalkohol und 20% Methylalkohol, löst nach dem Filtrieren den Niederschlag wieder in etwas Wasser, fällt erneut mit dem Äthyl- und Methylalkoholgemisch und gewinnt bereits nach wenigen in dieser Weise vorgenommenen Fällungen einen fast zuckerfreien Stoff. Zur weiteren Reinigung wird das Dextrin in einer großen Menge Methylalkohol gelöst und nach dem Ansäuern der Lösung durch einige Kubikzentimeter konzentrierter Salzsäure mit Äther gefällt. Von dem auf diese Weise gewonnenen Dextrin wird die spezifische Drehung bestimmt, und es wird aus der Tatsache, daß bei einem durch viermalige Umfällung gewonnenen Stoff dieselbe Drehung gefunden wird, wie bei einem fünfmal umgefällten, der Schluß gezogen, daß eine einheitliche Substanz vorliege. Jedoch werden aus verschiedenen Honigen verschieden stark drehende Dextrine erhalten; es scheint also, als ob jeder Koniferenhonig ein ihm eigentümliches Dextrin enthalte. Einen wichtigen Beitrag zur Kenntnis des Honigdextrins liefert eine weitere Arbeit von Beckmann. Diese Untersuchung geht von der Beobachtung aus, daß mit dem Fortschreiten des hydrolytischen Abbaues eine Abnahme der Fällbarkeit der Dextrine durch Barytwasser und Methylalkohol, sowie durch Bleiessig und Methylalkohol einhergeht. In der so aufgestellten Reihe kommt das Honigdextrin an die letzte Stelle, hinter das sog. Achroodextrin III, dessen Molekulargewicht von E. Prior [2]) auf kryoskopischem Wege zu 642 bestimmt worden war; es scheint demnach ein unterhalb 642 liegendes Molekulargewicht zu haben. Es sei allerdings an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß das von Prior untersuchte Präparat nach seiner eigenen Angabe nicht ganz aschefrei war, und daß, wie z. B. aus später anzuführenden Versuchen ersehen werden kann, bereits ein Gehalt von wenigen Prozenten Asche bei hochmolekularen Körpern einen sehr starken Einfluß auf das Ergebnis der Molekulargewichtsbestimmung ausübt. Da die Versuche, das Honigdextrin frei von mineralischen Stoffen zu erhalten, wie es für die Molekulargewichtsbestimmung erwünscht ist, nicht zum Ziele führten, stellten auf Veranlassung von Beckmann J. Monheim [3]) und A. Müller [4]) Verbindungen des Dextrins mit verschiedenen Säureradikalen dar, und zwar mit der Benzoyl-, der Benzolsulfo- und der m-Nitrobenzoylgruppe. Die so erhaltenen Ester wurden auf die

[1]) Vergl. besonders: Künnmann und Hilger, Forschungsber. 8, 211; Beckmann, Zeitschr. Unters. Nahr.- und Genußm. 1901, 1065; Haenle und Scholz, ebenda 1903, 1027; Hilger, ebenda 1904, II, 110.

[2]) Zeitschr. f. angewandte Chemie 1900, S 467.

[3]) Dissertation Erlangen 1899.

[4]) Zeitschr. Unters. d. Nahr.- und Genußm. 1901, 1065.

Anzahl der eingetretenen Säuregruppen und das Molekulargewicht des Gesamtmoleküls untersucht. Es ergab sich, daß einheitliche Substanzen nicht erhalten werden konnten, doch wiesen die Versuche übereinstimmend darauf hin, daß ein Disaccharid vorlag, in welches 4 bis 6 Säureradikale eingetreten waren. Allerdings erörtert Beckmann selbst die Bedenken, die in bezug auf die Zuverlässigkeit dieses Ergebnisses erhoben werden müssen, sowohl wegen der leichten Zersetzlichkeit des Honigdextrins, welches hier einem starken chemischen Eingriff unterworfen wird, als auch wegen des hohen Gewichts der eingeführten Säuregruppen, welches die Genauigkeit der Molekulargewichtsbestimmung vermindert. Ester des Honigdextrins mit Benzolsulfochlorid wurden noch später von König und Hörmann [1]) dargestellt mit dem Ergebnis, daß drei bis vier Säuregruppen in die Verbindung eintreten. Der Befund Beckmanns, nach welchem das Honigdextrin ein Disaccharid sein und ihm das im Vergleich mit anderen Dextrinen sehr niedrige Molekulargewicht des gewöhnlichen Rohrzuckers zukommen soll, mußte das lebhafteste Interesse erregen, und ich unternahm es daher, Versuche anzustellen, welche geeignet erschienen, einen weiteren Beitrag zur Klärung dieser Frage zu liefern. Diese ist zuerst in chemischer Beziehung von Bedeutung; denn es schien nun, daß die Natur uns einen Stoff liefert, welcher auf dem sorgfältig untersuchten Wege des Abbaus der Stärke zu den einfachsten Zuckern eins der letzten Glieder darstellt. Der physikalische Chemiker wird bei der allmählichen Aufspaltung der Stärke zu den Dextrinen und Zuckern Gelegenheit haben, den wichtigen Übergang der kolloïdalen zu den echten Lösungen im Zusammenhang mit der chemischen Vereinfachung des Moleküls stufenweise zu verfolgen. Für die Nahrungsmittelchemie wird es von Interesse sein, durch die Kryoskopie auch des aschehaltigen Dextrins eine Zahl zu erhalten, welche geeignet ist, das Honigdextrin zum Unterschied von den höheren Dextrinen zu kennzeichnen.

Versuche zur Gewinnung aschefreien Honigdextrins.

Es wurden in den folgenden Versuchen im ganzen drei Koniferenhonige verwendet:

a. Ein Honig aus Urmatt im Elsaß (von Herrn Hauptlehrer Vierling).

b. Ein Honig aus Freiburg i. Breisgau (von Herrn Amtsgerichtssekretär Zimmermann).

c. Ein Honig aus Kuppenheim i. Baden (von Herrn Kolb).

Der Urmatter Honig ging mir in Waben zu und wurde hier in der Kälte aus den Waben ausfließen gelassen. Mit diesem Erzeugnis wurden die meisten Versuche angestellt, die beiden anderen Honige dienten zur Kontrolle.

Über den ersten Teil der Versuche zur Gewinnung aschefreien Honigdextrins kann kurz hinweggegangen werden, weil dieselben kein besseres Ergebnis lieferten als ein ähnliches Verfahren, welches von Hilger [2]) benutzt worden war. Es wurde versucht, das Dextrin durch Behandeln mit verschiedenen Lösungsmitteln rein zu erhalten, welche nur die organische Substanz aufnehmen, die Mineralbestandteile aber zurücklassen sollten. Es zeigte sich aber, daß reiner Methylalkohol, wie auch in verschiedenem Verhältnis hergestellte Gemische von Methylalkohol mit Aceton mit dem

[1]) Zeitschr. Unters. d. Nahr.- und Genußm. 1907, I, S. 118.

[2]) a. a. O.

Dextrin zusammen ziemlich viel anorganische Substanz auflösen und die Ausfällung aus diesen Lösungen wieder stark aschehaltiges Dextrin liefert. Dieser Befund, sowie die Beobachtung, daß bei dem gewöhnlichen Ausfällen des Dextrins mit Äthylalkohol beträchtliche Salzmengen bis zum Erscheinen der ersten Dextrinflocken gelöst bleiben, muß auffällig erscheinen. Wir werden hier an die von Lobry de Bruyn[1]) mitgeteilte Erscheinung erinnert, daß bei Gegenwart von Stoffen wie Gelatine und Rohrzucker erhebliche Mengen von Silberchromat, Chlorsilber, Schwefel in wässeriger Lösung erzeugt werden können, ohne daß eine Fällung eintritt.

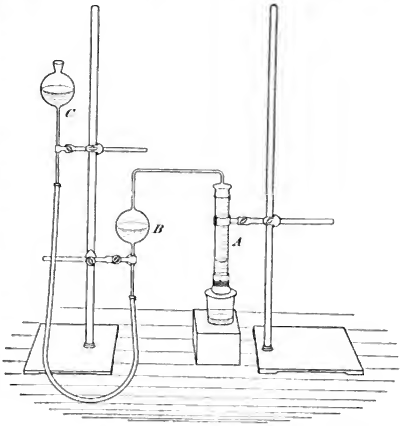
Die zweite Versuchsreihe, welche in der Hoffnung unternommen wurde, aschearmes Dextrin zu gewinnen, führte zwar ebenfalls zu einem negativen Ergebnis; sie sei hier aber ausführlicher dargestellt, weil auch dies negative Ergebnis Interesse besitzt und die gewählte Versuchsanordnung in anderen Fällen, in denen es sich um die Reinigung kolloïdal gelöster Stoffe handelt, vielleicht mit Vorteil verwendet werden kann. Ich filtrierte die wässerige Dextrinlösung durch Kollodiummembranen, deren Verwendung Malfitano[2]) bei seinen Studien über die Hydrolyse von Eisenchlorid ohne nähere Angaben mitteilt. Ich verdanke die Vorschrift zu ihrer Herstellung Herrn Victor Henri in Paris, welcher die Freundlichkeit hatte, mir eine solche Herstellung in seinem Laboratorium zu zeigen. Nitrozellulose wird in einem Gemisch von 90% Äther und 10% Alkohol zu einer solchen Konzentration gelöst, daß eine visköse, aber doch noch leicht ausfließende Lösung, etwa von der Konsistenz konzentrierter Schwefelsäure entsteht. Von dieser Lösung werden 5 bis 10 ccm in ein Glasgefäß gegeben, welches eine zweckentsprechende Form und Größe hat, im vorliegenden Falle in ein gewöhnliches Becherglas ohne Ausguß von 50 ccm Inhalt. Man bringt nun unter schnellem Drehen das Gefäß in eine nahezu horizontale Lage, sodaß die Flüssigkeit die Wände allmählich ganz benetzt, neigt dann das Glas noch etwas mehr und läßt das Kollodium unter fortwährendem Drehen ausfließen. Schließlich stellt man das Gefäß in umgekehrter Stellung einige Minuten auf, bis der Geruch nach Äther und Alkohol verschwunden ist. Es gelingt auf diese Weise nach einiger Übung leicht, die Gefäßwand mit einer Kollodiumhaut von sehr gleichmäßiger Dicke zu überziehen. Nach dem Trockenwerden liegt die Haut dem Glase fest an, sie befindet sich aber, weil mit dem Trocknen eine Zusammenziehung verbunden ist, in einem gespannten Zustande. Wenn man die Haut an einer Stelle mit dem Finger von der Wand ablöst und einen Tropfen Wasser zwischen Haut und Wand bringt, so breiten die Kapillaritätskräfte das Wasser schnell über der Glaswand aus, die Haut wird dadurch gelockert und läßt sich nun leicht vom Glase abziehen. Man legt die Membran zum Auswaschen und Aufbewahren in Wasser, an dessen Boden zum Sterilisieren ein Chloroformtropfen liegt.

Diese Kollodiummembranen können zur Trennung von zusammen in Lösung befindlichen kolloïden und kristalloïden Stoffen verwendet werden. Wie bekannt, haben die Versuche, die Haupteigenschaften der kolloïdalen Lösungen: das Fehlen des osmotischen Drucks, die Gelbildung, die Wanderung im elektrischen Gefälle, theoretisch

[1]) Berichte d. deutsch. chem. Ges. **35**, 3079.

[2]) Compt. rend. **141**, 660.

zu deuten, zu der Hypothese geführt, daß die kolloïdalen Lösungen mechanische Suspensionen von äußerst fein verteilten Substanzen sind. Diese Hypothese fand durch die Ausbildung der ultramikroskopischen Methoden, welche die suspendierten Teilchen in den Bereich des Sichtbaren führten, ihre experimentelle Bestätigung und gab ferner die Anregung zu Versuchen, das gewöhnlichste Trennungsmittel von Suspension und Flüssigkeit, die Filtration, auch auf die kolloïdalen Lösungen anzuwenden. In der Tat bleibt, wenn man eine dunkelbraune kolloïdale Ferrihydroxydlösung unter einem gewissen Druck durch eine Kollodiummembran hindurchzutreiben sucht, das Ferrihydroxyd auf dem Filter zurück, und es wird ein vollkommen farbloses Filtrat erhalten. Einem solchen Filtrationsversuch wurde nun auch das Honigdextrin unterworfen, um zu sehen, ob die Eigenschaften kolloïdal gelöster Stoffe, die beim Stärkedextrin wenigstens noch zum Teil vorhanden sind, sich hier noch erhalten haben. War dies der Fall, so war Aussicht vorhanden, die Dextrinlösung durch die Filtrationsmethode von den mineralischen Beimengungen zu befreien. Im entgegengesetzten Falle war ein neues Merkmal dafür gewonnen, daß das Honigdextrin in echter Lösung vorlag.



Um den für die Filtration notwendigen Überdruck zu erzeugen, kann man im einfachsten Falle in der Weise verfahren, daß man die Membran an einem beiderseits offnen, senkrecht aufgestellten Glasrohr von mäßiger Weite unten dicht schließend anbringt und nach dem Eingießen der zu filtrierenden Lösung durch Auffüllen der nötigen Wassermenge den gewünschten Druck erzeugt. Für den vorliegenden Fall empfahl sich eine andere Anordnung, weil die Dextrinlösung nur in bestimmter Verdünnung verwendet werden sollte und außerdem das obige Verfahren ein fortwährendes Nachfüllen zum Ersatz der filtrierten Menge erforderlich macht.

Wie die Figur zeigt, ist A ein gewöhnlicher Meßzylinder von 100 ccm Inhalt, dessen Boden abgesprengt worden ist. An seinem unteren Ende wird der wasserfeuchte Kollodiumsack befestigt, indem man ihn zu zwei Dritteln über das Glas zieht und den auf dem Glase befindlichen Teil vielfach mit Bindfaden umwickelt. Sobald dieser Teil des Sacks eintrocknet, zieht er sich zusammen und schließt sich ganz fest an das Glas an. Oben an dem Zylinder ist durch Schliff eine Kappe befestigt, welche in ein

zweimal rechtwinklig gebogenes Rohr ausläuft. An seinem absteigenden Teil erweitert sich das Rohr zu einer Kugel B von etwa 250 ccm Inhalt. Ein Schlauch von über 1 m Länge führt zu einem zweiten Glasrohr, an dem eine oben offne Kugel C von demselben Volum wie die erste angeschmolzen ist. Die Benutzung der Vorrichtung ist hiernach ohne weiteres verständlich. Man gießt in die Kugel C etwa 250 ccm Wasser, also eine Menge, die nahezu ausreicht, eine Kugel und den Verbindungsschlauch zu füllen. Dann bringt man vor dem Ansetzen des Meßzylinders an den Schliff die Kugel C in eine tiefe Stellung, sodaß B vom Wasser entleert ist, füllt die zu filtrierende Flüssigkeit in A ein, setzt A fest an die geschliffene Kappe und hebt C langsam zu der gewünschten Höhe. Hierbei wird es leicht einzurichten sein, daß beide Wasseroberflächen sich in dem weiten Teil der Kugel befinden; dem durch das allmähliche Ausfließen der Flüssigkeit durch das Filter und durch etwa vorhandene, kleine Undichtigkeiten des Schliffs veranlaßten Nachrücken der Wassersäule entspricht dann eine verhältnismäßig sehr unbedeutende Verminderung der Niveau- und Druckdifferenz. Für den Fall unvorhergesehenen Eintretens großer Undichtigkeiten durch Platzen der Membran oder Abspringen der Kappe vom Schliff kann eine Vermischung und Verunreinigung der Lösung mit dem Druckwasser nicht eintreten, weil die Kugel B das vorrückende Wasser ganz aufnehmen kann. Vor dem Einbringen der Lösung wurde die Membran mit reinem Wasser einer Prüfung unterzogen, um festzustellen, daß sie die erforderliche Druckfestigkeit besitzt und keine Undichtigkeiten aufweist.

Zur Beantwortung der Frage, ob sich durch Filtration der Aschegehalt des Honigdextrins ändert oder eine Trennung des Dextrins selbst in Fraktionen von verschiedener Molekülgröße stattfindet, diente die kryoskopische Methode der Molekülzählung. Beide genannten Änderungen mußten in der Richtung wirken, daß für den filtrierten Anteil das durchschnittliche Molekulargewicht, nämlich der Quotient $\frac{\text{Gewicht in g}}{\text{Molzahl}}$ einen kleineren Wert hat, als für das ursprüngliche und das auf dem Filter zurückgebliebene Dextrin. In bezug auf die Theorie und praktische Ausführung der kryoskopischen Methode sei auf die eingehende Darstellung von Auerbach[1]) in diesen Arbeiten verwiesen. Soweit sich beim Honigdextrin Besonderheiten in der Anordnung finden, wird ihrer an einer späteren Stelle dieser Arbeit Erwähnung getan werden.

I. Versuch.

Für Dextrin aus Freiburger Honig, welches nach Hilgers erster Vorschrift, ohne Umfällung aus angesäuertem Methylalkohol, dargestellt wurde, wird $\frac{c}{z}$ (c = Gewicht in Grammen, z = Molzahl) bestimmt. Die Molzahl in 1000 g H_2O wird erhalten durch Division der gefundenen Erniedrigung des Gefrierpunktes durch diejenige Erniedrigung, welche 1 Mol eines beliebigen, weder dissoziierten noch assoziierten Stoffes in 1000 g H_2O hervorbringt (1,85°). Daraus wird die Anzahl der Mole in w g Wasser durch Multiplikation mit $\frac{w}{1000}$ erhalten.

---

[1]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, **22**, S. 593.

$$c = 3{,}133 \text{ g.}$$
$$H_2O = 71{,}28 \text{ g.}$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}326^\circ.$$
$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 3{,}133}{71{,}28 \cdot 0{,}326} = \mathbf{250}.$$

Die Dextrinlösung wird auf das Filter gegeben und etwa zur Hälfte durchfiltriert. Das Filtrat wird im Vakuum bis auf 10 ccm eingedampft und nach Zusatz von 30 ccm Methylalkohol von einer leichten Trübung durch Filtrieren befreit. Zum Ausfällen des Dextrins diente ein Gemisch von 50% Alkohol und 50% Äther, welches eine Fällung mit sehr geringen Verlusten ermöglicht. Nach dem Filtrieren und Trocknen wurde wiederum $\frac{c}{z}$ bestimmt.

$$c = 0{,}888 \text{ g.}$$
$$H_2O = 20{,}26 \text{ g.}$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}330^\circ.$$
$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 0{,}888}{20{,}26 \cdot 0{,}330} = \mathbf{246}.$$

Die Verminderung des Quotienten liegt innerhalb der Fehlergrenzen.

II. Versuch.

Dextrin aus Urmatt-Honig wurde in derselben Weise, wie soeben beschrieben, behandelt. Der Quotient $\frac{c}{z}$ wurde diesmal beim Filtrat und beim Rückstand bestimmt, nachdem ebenfalls etwa die Hälfte der Lösung durchfiltriert war. Es war also für beide Bestimmungen erforderlich, das Dextrin durch Einengen der Lösung und Fällen mit dem Alkohol-Äthergemisch wieder zu gewinnen.

Bestimmung des Quotienten beim Rückstand.

$$c = 1{,}256 \text{ g.}$$
$$H_2O = 20{,}08 \text{ g.}$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}398^\circ.$$
$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 1{,}256}{20{,}08 \cdot 0{,}398} = \mathbf{291}.$$

Bestimmung des Quotienten beim Filtrat.

$$c = 0{,}766 \text{ g.}$$
$$H_2O = 20{,}31 \text{ g.}$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}250^\circ.$$
$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 0{,}766}{20{,}31 \cdot 0{,}250} = \mathbf{279}.$$

Auch hier ist die Erniedrigung des Quotienten beim Filtrat ganz unbedeutend.

Wie eine Nachprüfung ergab, hielt jedoch eben dieselbe Membran kolloïdal gelöstes Ferrihydroxyd vollständig zurück.

Nach diesem Befund scheint es unausführbar, durch Filtration das Honigdextrin von seinen Mineralstoffen zu befreien. Dasselbe passiert eine Kollodiummembran wie ein in echter Lösung befindlicher Stoff. Zu einem hiermit übereinstimmenden Ergebnis hatten frühere Versuche von Monheim[1]), das Honigdextrin durch Dialyse zu reinigen, geführt; doch trugen dieselben mehr qualitativen Charakter. Übrigens läßt es sich, wie schon Levy[2]) bei Versuchen mit Kollodiummembranen fand und neuerdings Bechhold[3]) hervorhebt, zeigen, daß das Ergebnis der Dialyse mit dem der Filtration keineswegs identisch zu sein braucht. Z. B. ergibt sich aus Bechholds neuen Versuchen, daß man das Stärkedextrin, dessen Fähigkeit, bei der Dialyse durch Membranen zu diffundieren, bekannt ist, durch dichte Kollodiumfilter zurückhalten kann.

Molekulargewichtsbestimmungen an aschehaltigem Honigdextrin.

Es wurde nun zu Versuchen übergegangen, das Molekulargewicht des Honigdextrins an aschehaltigem Material zu bestimmen. Dies kann nach der folgenden Überlegung zum Ziele führen: Wenn wir in gemeinschaftlicher, verdünnter Lösung mehrere Stoffe gelöst haben, die nicht chemisch aufeinander wirken, so erniedrigt nach den Lösungsgesetzen jeder von ihnen den Gefrierpunkt, als ob er allein vorhanden wäre, die Gefrierpunktserniedrigung in einer Lösung von mehreren Stoffen ist gleich der Summe der durch jeden einzelnen Stoff bewirkten Erniedrigungen. Wenn wir also in w g Wasser die Gefrierpunktserniedrigung von c g rohem Dextrin bestimmen, welches aus c_1 g Dextrin und c_2 g Mineralstoffen zusammengesetzt ist, so ist diese Erniedrigung $e = e_1 + e_2$, wo e_1 die von c_1 g Dextrin, e_2 die von c_2 g derselben Mineralstoffe in w g Wasser hervorgerufene Erniedrigung ist. Die gesuchten Größen e_1 und c_1 können wir also finden, indem wir e und c, e_2 und c_2 bestimmen. e und c sind die bei der kryoskopischen Untersuchung des aschehaltigen Dextrins gefundenen Werte. e_2 werden wir mit großer Annäherung finden können, indem wir die aschehaltige Dextrinlösung, deren Gefrierpunkt wir kennen, eindampfen, den Rückstand vorsichtig veraschen, die Asche (c_2 g) wieder in w g H_2O auflösen und den Gefrierpunkt der Lösung ermitteln. Die durch die Veraschung bewirkten chemischen Veränderungen der Mineralstoffe dürften unerheblich sein, da sie sich im wesentlichen nur auf die Salze der organischen Säuren erstrecken, die im Honig nur zu einem unbedeutenden Bruchteil vorkommen. Die Verwandlung derselben in Carbonate wird übrigens die Zahl der Moleküle nicht wesentlich verändern. Auch der Grad der elektrolytischen Dissoziation wird, da die Konzentration sich kaum ändert, keinen merklichen Veränderungen unterworfen sein. Eine gute Stütze für die Berechtigung des hier angewendeten Verfahrens kann wohl darin erblickt werden, daß bei Dextrinen von sehr verschiedenem Aschengehalt (2,4 bis über 10%) die Aschekorrektion zu denselben Werten führte.

Zu den folgenden Bestimmungen wurde anfänglich Honigdextrin benutzt, welches nach Hilgers Vorschrift durch Fällen mit Äthyl-Methylalkoholmischungen und ohne

---

[1]) Dissertation Erlangen 1899, S. 24.
[2]) Journal of infectious Diseases 2, S. 1.
[3]) Zeitschr. f. physik. Chem. 60, S. 308.

Umfällen aus angesäuertem Methylalkohol dargestellt worden war. Durch Bestimmung der optischen Drehung findet Hilger, daß nach viermaliger Fällung bereits ein Dextrin erhalten wird, dessen Drehungswert sich durch nochmaliges Fällen nicht ändert. Dieser Befund ließ sich durch kryoskopische Bestimmung des Quotienten $\frac{c}{z}$ an zwei aufeinander folgenden Fällungen bestätigen, wie folgende Zahlen zeigen.

Viermal gefälltes Dextrin: c = 4,9645 g.

H_2O = 44,05 g.

Erniedrigung = 0,896°.

$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 4,965}{44,05 \cdot 0,896} = 233.$$

Fünfmal gefälltes Dextrin: c = 1,666 g.

H_2O = 20,94 g.

Erniedrigung = 0,631°.

$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 1,666}{20,94 \cdot 0,631} = 233.$$

Die Konstanz des Quotienten beweist, daß viermal gefälltes Dextrin praktisch als zuckerfrei betrachtet werden kann.

Bei seinen Bemühungen, das Honigdextrin von seinen Mineralstoffen zu befreien, gelangte Hilger, wie schon kurz erwähnt, zu dem folgenden Verfahren, welches zwar nicht zum erwünschten Ziele führte, aber eine Substanz mit erheblich verringertem Aschegehalt lieferte: 5 g Substanz werden in 1000 ccm Methylalkohol gelöst; die Lösung wird mit 50 Tropfen Salzsäure (spez. Gew. 1,125) angesäuert und sofort mit 500 ccm Äther versetzt. Das hierbei ausfallende Dextrin wird filtriert, gewaschen und getrocknet. Anstatt nach dieser Vorschrift zu arbeiten, kann man besser das Dextrin sogleich in angesäuertem Methylalkohol lösen. Dies geht viel schneller vor sich, als in reinem Methylalkohol, welcher erst nach längerem Schütteln die gewünschte Dextrinmenge aufnimmt, und es bedarf einer sehr viel geringeren Menge des Lösungs- und dementsprechend auch des Fällungsmittels. Um zu zeigen, daß es nicht erforderlich ist, so schnell zu arbeiten, wie Hilger vorschreibt, und wie es nach der hier vorgeschlagenen Abänderung nicht ausführbar wäre, wurde der folgende Versuch gemacht: 0,8 g Dextrin werden mit etwa 5,0 ccm mit 2 Tropfen konzentrierter Salzsäure angesäuerten Methylalkohols übergossen, die Lösung wird eine Minute lang stark geschüttelt, es wird dann von dem geringen Rückstand, der aus einigen Klümpchen Dextrin besteht, abgegossen und durch Verfolgung des optischen Drehungsvermögens geprüft, ob die Gegenwart des Chlorwasserstoffs eine Zersetzung des Dextrins bewirkt.

Drehung nach 2 Minuten = 3,94°.
„ „ 1/2 Stunde = 3,92°.
„ „ 1 Stunde = 3,84°.
„ „ 16 Stunden = 3,75°.

Die Veränderung ist also ganz unbedeutend; es kann daher angenommen werden, daß das Dextrin durch den angesäuerten Methylalkohol bei nicht zu langem Stehen nicht merklich verändert wird.

Es wurde zur Fällung aus angesäuertem Methylalkohol nach der folgenden Vorschrift gearbeitet: 6 g Dextrin, welches durch viermalige Fällung mit Alkohol-Methylalkoholmischungen erhalten worden ist, werden trocken mit 250 ccm Methylalkohol, denen 12 Tropfen konzentrierter Salzsäure zugesetzt worden sind, übergossen. Es findet schnell Auflösung statt bis auf einen geringen Rückstand, von dem abgegossen wird. Dann werden 60 ccm Äther hinzugefügt, das ausgeschiedene Dextrin wird filtriert, mit Alkohol und Äther auf dem Filter gewaschen und getrocknet. Die 60 ccm Äther genügen nur, um etwa den fünften Teil des in Lösung befindlichen Dextrins zu fällen; bei weiterem Zusatz von Äther kann das noch in Lösung verbliebene gewonnen werden. Es zeigt sich aber, daß nur die erste Fraktion die erwünschte Verminderung des Aschegehaltes aufweist. So lieferten bei einer Darstellung 0,358 g Dextrin der ersten Fraktion 0,0067 g oder 1,9 % Asche, während 0,256 g der letzten Fraktion 0,0130 g oder 5,1 % Asche gaben. Bei einer anderen Darstellung gaben 0,696 g der ersten Fraktion 0,018 g oder 2,6 % Asche, 0,892 g der letzten Fraktion dagegen 0,095 g oder 10,7 % Asche. Es wird hiernach durch Fällung einer möglichst geringen Dextrinmenge das reinste Präparat zu erhalten sein.

Das Honigdextrin hat die Eigenschaft, noch nach längerem Verweilen im Vakuum-Exsikkator sehr hartnäckig Wasser, Alkohol oder Äther zurückzuhalten. Es ist außerdem eine eminent hygroskopische Substanz. Es waren daher zum Trocknen und zum Trockenhalten bei den Gefrierpunktsbestimmungen besondere Maßregeln erforderlich. Das Dextrin wurde, nachdem es mindestens einen Tag im Vakuum über Schwefelsäure gestanden hatte, möglichst schnell in ein Wägeglas gefüllt, und zwar sogleich in der Menge, welche für die Gefrierpunktsbestimmung gebraucht wurde. Das Wägegläschen mit dem Dextrin wird dann offen in eine gewöhnliche Pulverflasche von etwa 250 ccm Inhalt gestellt, die sofort mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen abgeschlossen wird. Durch die eine Bohrung führt eine mit einem Glashahn versehene Glasröhre zu einer mit Schwefelsäure gefüllten Trockenflasche und von dort zur Wasserstrahlpumpe, in der anderen steckt eine durch einen Quetschhahn ganz oder teilweise verschließbare Kapillare, wie sie bei Destillationen im Vakuum gebräuchlich ist. Die Pulverflasche wird in einem großen Becherglase in Wasser getaucht, welches nahezu bis zum Sieden erhitzt wird. Die so ermöglichte intensive Trocknung wird bis zur Gewichtskonstanz des Dextrins fortgesetzt. Um die Substanz zur Wägung zu bringen, drückt man mittels einer Pinzette den Stöpsel des Wägegläschens innerhalb der schnell aus dem Wasserbade entfernten und noch warmen Pulverflasche auf das Gläschen auf, so daß das Dextrin nach dem Trocknen nicht mit der Außenluft in Berührung kommt.

Die Herstellung der Lösung geschah nicht in dem Gefriergefäß selbst durch Hinzufügen des Dextrins zum Lösungsmittel, sondern in einem großen Wägeglas von bekanntem Gewicht, in welches das trockne Honigdextrin nach dem Wägen aus dem kleinen Wägeglas geschüttelt wurde; der Rest wurde mit Wasser nachgespült. Die Lösung wird durch geeignete Bewegung des Gefäßes gut gemischt, gewogen und dann in das trockne Gefriergefäß gegossen. Da es nur auf die Konzentration ankommt, braucht die Lösung nicht quantitativ aus dem Wägeglas in das Gefriergefäß übergeführt

zu werden. Der 0° entsprechende Punkt des Beckmannschen Thermometers ist bereits vorher mit reinem Wasser bestimmt worden.

Nachdem der Gefrierpunkt der Lösung, welche an aschehaltigem Dextrin eine bekannte Konzentration besitzt, bestimmt worden ist, wird der Inhalt des Gefriergefäßes zusammen mit dem im Wägeglas verbliebenen Rest in einer Platinschale eingedampft und dann mit freier Flamme vorsichtig erwärmt, bis sich kein Rauch mehr entwickelt. Dann wird durch längeres Digerieren mit warmem Wasser die Asche herausgelaugt, der kohlige Rückstand getrocknet und nochmals, etwas stärker als vorher, erhitzt, dann wiederum ausgelaugt. Wenn noch ein erheblicher Kohlerückstand übrig bleibt, wird das Erhitzen und Auslaugen zum dritten Male ausgeführt; eine häufigere Wiederholung war niemals erforderlich. Die aschehaltigen Lösungen werden nun vereinigt, in einer Schale bis auf ein kleines Volum eingedampft, in ein flaches Wägeglas übergeführt und in diesem zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird dann im Trockenschrank bei etwa 150° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, in ein großes Wägeglas übergespült und dort im ganzen mit einer Wassermenge versetzt, welche der zum vorhergehenden Lösen des Dextrins benutzten nahezu (bis auf etwa 1 ccm) gleich ist. Der Gefrierpunkt der so erhaltenen Aschelösung wird nun in derselben Weise bestimmt, wie es oben für das Dextrin ausgeführt wurde.

Im folgenden werden an einem Beispiel die Messungen ausführlich angegeben:

Dextrin aus Urmatter Honig, aus angesäuertem Methylalkohol umgefällt.

0,696 g Dextrin werden in 18,06 g H_2O gelöst.

$$\text{Gefrierpunkt des Wassers}\ \left.\begin{matrix}3{,}355\\3{,}355\end{matrix}\right\}\ 3{,}355^{\circ}.$$

$$\text{Gefrierpunkt der Lösung}\ \left.\begin{matrix}3{,}162\\3{,}163\\3{,}165\end{matrix}\right\}\ 3{,}163^{\circ}.$$

$$\text{Erniedrigung} = 0{,}192^{\circ}.$$

$$\frac{c}{z}\ \text{des Rohdextrins} = \frac{1850 \cdot 0{,}696}{18{,}06 \cdot 0{,}192} = \mathbf{372}.$$

0,696 g Rohdextrin geben 0,018 g oder **2,6 %** Asche.

0,018 g Asche werden in 18,13 g H_2O gelöst.

$$\text{Gefrierpunkt des Wassers}\ \left.\begin{matrix}3{,}321\\3{,}321\\3{,}322\end{matrix}\right\}\ 3{,}321^{\circ}.$$

$$\text{Gefrierpunkt der Lösung}\ \left.\begin{matrix}3{,}275\\3{,}277\\3{,}277\\3{,}273\\3{,}273\end{matrix}\right\}\ 3{,}275^{\circ}.$$

$$\text{Erniedrigung} = 0{,}046^{\circ}.$$

$$\frac{c}{z}\ \text{der Asche} = \frac{1850 \cdot 0{,}018}{18{,}13 \cdot 0{,}046} = \mathbf{40}.$$

Dieselbe Aschenmenge hätte in 18,06 g H_2O erniedrigt um $\frac{0{,}046 \cdot 18{,}13}{18{,}06}$ $= 0{,}0462°$. (Hier hat also eine Korrektion keinen praktischen Einfluß.)

Die Subtraktion der Gefrierpunktserniedrigungen sowie der Aschenmenge von der Menge des angewandten Dextrins liefert die Daten für das reine Dextrin.

$c_1 = 0{,}696$ g — 0,018 g = 0,678 g.

Erniedrigung = 0,192° — 0,046° = 0,146°.

$$\text{Molekulargewicht des Dextrins} = \frac{1850 \cdot 0{,}678}{18{,}06 \cdot 0{,}146} = \mathbf{476}.$$

In derselben Weise ist noch eine Anzahl von Bestimmungen ausgeführt worden, welche hier in abgekürzter Form wiedergegeben werden:

Dextrin aus Urmatter Honig, aus saurem Methylalkohol umgefällt.

Rohdextrin.

c = 0,965 g.

H_2O = 18,4 g.

Erniedrigung = 0,302°.

$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 0{,}965}{18{,}4 \cdot 0{,}302} = \mathbf{321}.$$

Asche.

$c_2 = 0{,}047$ g = **4,9%**.

H_2O = 19,59 g.

Erniedrigung = 0,099°.

$$\frac{c_2}{z_2} = \frac{1850 \cdot 0{,}047}{19{,}59 \cdot 0{,}099} = \mathbf{45}.$$

Erniedrigung derselben Aschenmenge in 18,4 g H_2O = 0,105°.

Reines Dextrin.

$c_1 = 0{,}918$ g.

H_2O = 18,4 g.

Erniedrigung = 0,197°.

$$\text{Molekulargewicht} = \frac{1850 \cdot 0{,}918}{18{,}4 \cdot 0{,}197} = \mathbf{469}.$$

Die folgenden Versuche wurden mit Dextrin ausgeführt, welches nicht aus saurem Methylalkohol umgefällt worden war.

Dextrin aus Urmatter Honig.

Rohdextrin.

c = 0,706 g.

H_2O = 20,40 g.

Erniedrigung = 0,269°.

$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 0{,}706}{20{,}40 \cdot 0{,}269} = \mathbf{238}.$$

Asche.

$c_2 = 0{,}093$ g = **13,2%**.

$H_2O = 18{,}92$ g.

Erniedrigung = 0,158°.

$$\frac{c_2}{z_2} = \frac{1850 \cdot 0{,}093}{18{,}92 \cdot 0{,}158} = \mathbf{58.}$$

Erniedrigung derselben Aschenmenge in 20,40 g H_2O = 0,147°.

Reines Dextrin.

$c_1 = 0{,}613$ g.

$H_2O = 20{,}40$ g.

Erniedrigung = 0,122°.

$$\text{Molekulargewicht} = \frac{1850 \cdot 0{,}613}{20{,}4 \cdot 0{,}122} = \mathbf{456.}$$

Dextrin aus Kuppenheimer Honig.

Rohdextrin.

$c = 1{,}370$ g.

$H_2O = 20{,}25$ g.

Erniedrigung = 0,468°.

$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 1{,}370}{20{,}25 \cdot 0{,}468} = \mathbf{268.}$$

Asche.

$c_2 = 0{,}139$ g = **10,1%**.

$H_2O = 20{,}43$ g.

Erniedrigung = 0,234°.

$$\frac{c_2}{z_2} = \frac{1850 \cdot 0{,}139}{20{,}43 \cdot 0{,}234} = \mathbf{54.}$$

Erniedrigung derselben Aschenmenge in 20,25 g H_2O = 0,236°.

Reines Dextrin.

$c_1 = 1{,}231$ g.

$H_2O = 20{,}25$ g.

Erniedrigung = 0,232°.

$$\text{Molekulargewicht} = \frac{1850 \cdot 1{,}231}{20{,}25 \cdot 0{,}232} = \mathbf{485.}$$

Dextrin aus Freiburger Honig.

Rohdextrin.

$c = 2{,}854$ g.

$H_2O = 20{,}43$ g.

Erniedrigung = 1,04°.

$$\frac{c}{z} = \frac{1850 \cdot 2{,}854}{20{,}43 \cdot 1{,}04} = \mathbf{248.}$$

Asche.

$$c_2 = 0{,}382\ g = \mathbf{13{,}4\ \%}.$$
$$H_2O = 21{,}00\ g.$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}558^{0}.$$
$$\frac{c_2}{z_2} = \frac{1850 \cdot 0{,}382}{21{,}00 \cdot 0{,}558} = \mathbf{60.}$$

Erniedrigung derselben Aschenmenge in 20,43 g $H_2O = 0{,}573^{0}$.

Reines Dextrin.

$$c_1 = 2{,}472\ g.$$
$$H_2O = 20{,}43\ g.$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}467^{0}.$$
$$\text{Molekulargewicht} = \frac{1850 \cdot 2{,}472}{20{,}43 \cdot 0{,}467} = \mathbf{479.}$$

Die gefundenen Werte seien nunmehr in Tabellenform zusammengestellt:

Honigsorte	$\frac{c}{z}$ Rohdextrin	$\frac{c_2}{z_2}$ Asche	% Asche	Molekulargewicht
Urmatter	372	40	2,6	476
Urmatter	321	45	4,9	469
Kuppenheimer	268	54	10,1	485
Urmatter	238	58	13,2	456
Freiburger	248	60	13,4	479

Zum Vergleich mit diesen Werten wurde eine Bestimmung des Molekulargewichts mit Stärkedextrin ausgeführt, welches durch mehrmaliges Fällen mit Alkohol aus Stärkesirup erhalten war.

$$c = 1{,}181\ g.$$
$$H_2O = 20{,}00\ g.$$
$$\text{Erniedrigung} = 0{,}201^{0}.$$
$$\text{Molekulargewicht} = \frac{1850 \cdot 1{,}181}{20{,}0 \cdot 0{,}201} = \mathbf{544.}$$

Man sieht, daß rohes Stärkedextrin im Vergleich mit dem auf gewöhnliche Weise dargestellten Honigdextrin eine sehr hohe Zahl gibt; die niedrigen Werte des Quotienten $\frac{c}{z}$ für rohes Honigdextrin können zur Unterscheidung dieser Substanz vom Stärkedextrin dienen.

Aus der vorstehenden Übersicht der gewonnenen kryoskopischen Werte wird man den Schluß ziehen können, daß dem Honigdextrin ein größeres Molekül als den Disacchariden zukommt. Nach Hilgers Analysen besitzt das Honigdextrin die Formel $(C_6H_{10}O_5)_x$; wenn x den Wert 2 erhält, so wäre das Molekulargewicht 324,16. Dieser Wert liegt tief unter den hier gefundenen Zahlen und auch unter dem Quotienten $\frac{c}{z}$

des ascheärmsten Rohdextrins, sodaß seine Unrichtigkeit auch schon unabhängig von der Aschekorrektion angenommen werden kann. Der Formel $(C_6H_{10}O_5)_3$ entspräche das Molekulargewicht 486,32, während das Mittel aus den hier gefundenen Werten 473 beträgt. Die Übereinstimmung dieser beiden Zahlen liegt innerhalb der durch die Kompliziertheit des Verfahrens bedingten Fehlergrenzen. Wenn somit hiernach mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, daß das Honigdextrin ein Trisaccharid ist, so wird man doch, besonders mit Rücksicht auf die an der chemischen Individualität des Stoffes bestehenden Zweifel, weitere Bestätigungen für erwünscht halten müssen.

Die vorstehende Arbeit wurde in der zweiten Hälfte des Jahres 1907 im chemischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamtes ausgeführt.

Über die Süßstoffe des Eupatorium Rebaudianum und des Süßholzes.

Von

Dr. P. Rasenack,

technischem Rat, ständigem Mitarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Infolge einer Mitteilung des Kaiserl. Deutschen Konsulats für Paraguay in Assuncion an den Herrn Reichskanzler über eine in diesem Lande vorkommende Süßstoffpflanze, Eupatorium Rebaudianum [1]), beauftragte der Herr Staatssekretär des Innern das Kaiserliche Gesundheitsamt mit der Untersuchung derselben. Durch Vermittelung des genannten Konsulats konnte eine größere Menge des getrockneten Krautes beschafft werden; nach längeren Vorversuchen gelang es, daraus den reinen Süßstoff in kristallisierter Form nach einem verhältnismäßig einfachen Verfahren abzuscheiden. Die Ähnlichkeit desselben im Geschmack mit dem Glycyrrhizin des Süßholzes (bezw. seinen Salzen) einerseits, sowie andrerseits gewisse auffallende Verschiedenheiten in dem chemischen Verhalten ließen eine genaue Vergleichung beider Süßstoffe wünschenswert erscheinen. Die dazu nötige Beschaffung reinen Glycyrrhizins stieß jedoch auf unerwartete Schwierigkeiten und machte eine ausführliche Nachprüfung der Darstellung, Eigenschaften und Zusammensetzung dieses Stoffes erforderlich, wodurch die Arbeit erheblich ausgedehnt, unsere Kenntnisse von der Natur des Glycyrrhizins jedoch in einigen wesentlichen Punkten gefördert wurden.

I. Der Eupatoriumsüßstoff.

Allgemeines über die Stammpflanze.

Das Eupatorium Rebaudianum Bertoni [2]) (Rebaudis Wasserdosten) ist ein unscheinbares, wenige Dezimeter hohes Kraut aus der Familie der Compositen, Abteilung Eupatoriaceen, mit aufrechtem, etwas verästeltem, in den älteren Teilen verholzendem Stengel, oblongen, entfernt gezähnten, stumpf zugespitzten, gegenständigen Blättern und kleinen, 1—4 blütigen Köpfchen.

Nach der Mitteilung des Kaiserlich Deutschen Konsulats in Assuncion findet sich die Pflanze auf den hochgelegenen Kampflächen, welche den Gebirgszug Amambaý vom äußersten Norden bis zu den Quellen des Rio Mondaý umgeben; sie wird von

[1]) Nachricht. f. Handel und Industrie 1901. II. Halbjahr. Nr. 163. S. 3.

[2]) Die Pflanze wurde von Bertoni, dem Direktor des agronomischen Instituts in Assuncion, untersucht, beschrieben und nach dem portugiesischen Chemiker Ovidio Rebaudi benannt.

der dortigen Guarani-Bevölkerung Caá-hêé oder azucá-cáa oder eira-cáa genannt, was süße, bezw. Zucker- oder Honig-Yerba[1]) bedeutet; sie kommt nirgends in größeren Massen, aber an einzelnen Kampstellen oft in zahlreichen Gruppen vor.

Auffallend ist der ausgesprochen süße Geschmack, den fast alle Teile der Pflanze, besonders die jüngeren Stengel und am stärksten die Blätter zeigen; wenige der letzteren genügen, um eine große Tasse Kaffee oder Tee zu süßen.

Das Rohmaterial

erwies sich von sehr verschiedener Beschaffenheit; es bestand wesentlich aus den ganzen, im blühenden oder abgeblühten Zustande gesammelten Pflanzen, deren Blätter teils lebhaft grün erhalten, teils vergilbt, teils — wahrscheinlich durch Einsammeln bei feuchtem Wetter oder unvorsichtiges Trocknen in Haufen — geschwärzt waren; auch fanden sich darin verschiedene Unkräuter, besonders Grashalme, auch Wollfäden und andere fremde Bestandteile.

Der Vorrat wurde gesondert in:

1. lebhaft grüne Blätter,
2. mattgrüne und gelbliche, zum Teil welke Blätter,
3. ganz geschwärzte, doch noch stark süß schmeckende Blätter,
4. jüngere, noch stark süß schmeckende Stengel,
5. ältere, verholzte, wenig süß schmeckende Stengel,
6. Abfälle aller Art, als Blütenstände, Wurzelteile, Staub von Blatt- und Stengelresten.

Das wesentlichste Material waren die Blätter, besonders die grün erhaltenen; dieselben waren schon im lufttrockenen Zustande im Porzellanmörser leicht zerreiblich; sie wurden kurze Zeit bei 100° getrocknet und nach dem Zerreiben durch Sieben von einem lockeren Haufwerk Gefäßbündel befreit; die Stengel wurden unter Zurücklassung der ganz verholzten, fast geschmacklosen Teile durch Trocknen, Stoßen und Sieben in ein grobes Pulver verwandelt.

Die Vorversuche wurden mit den in überwiegender Menge vorhandenen jüngeren Stengeln angestellt und dieselben nach naheliegender Vermutung zunächst auf einen Gehalt an Glycyrrhizin geprüft. Die Darstellung desselben nach Roussin, v. Gorup-Besanez u. a.[2]) beruht wesentlich darauf, daß aus dem kalt bereiteten wässerigen Auszuge durch Aufkochen die reichlich vorhandenen Eiweißsubstanzen abgeschieden werden und aus dem Filtrate durch Schwefelsäure zunächst rohes Glycyrrhizin als zähe braune Masse gefällt wird. Der Eupatoriumstengelauszug ergab nur wenig koagulierbares Eiweis und darauf mit Schwefelsäure nur einen geringen flockigen, braunen Niederschlag, der durch wiederholtes Lösen in Ammoniak und Wiederabscheiden durch

[1]) Mit „Yerba" (= herba, Kraut) wird in der Heimat kurzweg der sogen. Paraguay-Tee (die Blätter von Ilex paraguayensis St. Hil.) bezeichnet, während der dafür gleichfalls gebräuchliche Ausdruck „Mate" nach Bonpland einen warmen Aufguß dieser Blätter bedeutet. (Leunis-Frank, Synopsis der Pflanzenkunde, 3. Aufl., II. 387). Demnach erscheint die Bezeichnung „süße oder Zucker-Yerba" für die vorliegende Pflanze nicht ungerechtfertigt.

[2]) Die betreffenden Literaturangaben sind weiter unten bei Glycyrrhizin angeführt.

Schwefelsäure und Waschen gereinigt und in Mengen von 0,5—0,7 % erhalten werden konnte; derselbe zeigte jedoch weder für sich, noch nach dem Verdunsten seiner ammoniakalischen Lösung einen süßen Geschmack.

Ebenso bewirkten andere Säuren, z. B. Essigsäure (nach Rump[1]) oder Salzlösungen, z. B. Kaliumbitartrat (nach Martin) nur indifferente Abscheidungen; basische Bleiazetatlösung (nach Vogel gab anfangs braune, dann gelbe, wesentlich aus Bleitannat bestehende Niederschläge; auch Kupfer-, Zink- und Ferriazetat lieferten nur gerbstoffreiche Fällungen, während der Süßstoff stets in Lösung blieb. Nach Abscheidung der Metalle aus den Filtraten wurden durchweg stark süße, jedoch immer amorphe Verdampfungsrückstände erhalten, und es drängte sich die (später bestätigte) Vermutung auf, daß der eigentliche Süßstoff durch Einwirkung der Essigsäure in der Wärme unter Abspaltung von Zucker bereits verändert war.

Aus den zuerst erhaltenen schwefelsauren Mutterlaugen wurde daher die Schwefelsäure durch Baryumhydroxyd, der überschüssige Baryt durch Ammoniumkarbonat entfernt und aus dem Filtrat ein stark süßer, zunächst noch unkristallisierbarer Rückstand gewonnen.

Behufs gänzlicher Umgehung saurer Fällungsmittel wurde der wässerige Auszug stufenweise mit Zinksulfat-, Baryumhydroxyd- und Ammoniumkarbonatlösung behandelt; die entstehenden Niederschläge, besonders der in erheblicherer Menge sich ausscheidende zweite, enthielten außer Chlorophyll und Gerbstoff auch noch Farbstoffe und andere Fremdstoffe; das Filtrat hinterließ beim Verdampfen bei niederer Temperatur einen hellbraunen, stark süßen Rückstand, welcher indessen u. a. noch die von obigen Reagentien nicht fällbaren Alkaliverbindungen des Pflanzenauszuges enthielt. Die Ausbeuten an bei 100° getrocknetem rohem Süßstoff waren folgende: Es ergaben

jüngere Stengel 5,07 % rohen Süßstoff mit 18,60 % Asche, entspr. 4,13 % rohem, aschenfreiem Süßstoff

geschwärzte Blätter 18,10 % rohen Süßstoff mit 9,18 % Asche, entspr. 16,44 % rohem, aschenfreiem Süßstoff

grüne Blätter 33,60 % rohen Süßstoff mit 8,83 % Asche, entspr. 30,33 % rohem, aschenfreiem Süßstoff.

Versuche, aus diesen Rohprodukten durch Ausziehen mit Alkohol oder Lösen in wenig Wasser und fraktionierte Fällung mit Alkohol eine reinere aschenärmere Substanz zu gewinnen oder eine Strontium- oder Kadmiumverbindung des Süßstoffes herzustellen, blieben erfolglos.

Auch andere Reinigungsversuche des wässerigen Auszuges, wie Behandeln mit ammoniakalischer Blei- oder Zinklösung, mit Eisenammoniakalaunlösung, mit Zinksulfat und Natriumkarbonatlösung und Ausziehen des Verdampfungsrückstandes mit Alkohol, ferner die Abscheidung der Gerbsäure durch Leimlösung oder Hautpulver ergaben nur unbefriedigende Resultate.

---

[1]) Die betreffenden Literaturangaben sind weiter unten bei Glycyrrhizin angeführt.

Etwas besseren Erfolg hatten

Versuche mit alkoholischen Auszügen.

Durch 24stündiges Ausziehen der Stengel mit der 10fachen Menge Alkohol von verschiedener Stärke, sowie vergleichsweise auch mit Wasser bei gewöhnlicher Temperatur, Filtrieren, 5maliges Waschen des Rückstandes mit der gleichen Menge desselben Lösungsmittels, Verdunsten und Trocknen des Rückstandes bei 100° ergab sich folgendes:

	Farbe des Auszuges	Trockensubstanz %	Farbe des Extrakts	Löslichkeit desselben in Wasser
1. mit Wasser	dunkelbraun	14,01	dunkelbraun	klar braun
2. „ Alkohol von 25 Gew.-Proz.	heller braun	13,61	heller braun	klar, heller braun
3. „ „ „ 50 „	erheblich heller braun	12,31	„	„ „ „
4. „ „ „ 75 „	gelblich grün	8,12	schwach hellbraun	trübe, bräunlich
5. „ „ „ 90 „	fast rein grün	4,80	sehr schwach hellbraun	stark trübe, „
6. „ „ „ 100 „	rein grün	1,61	grünlich gelb	sehr stark trübe, bräunlich

Der süße Geschmack der wässerigen Extraktlösungen trat um so reiner hervor, je stärker der angewandte Alkohol gewesen war.

Aus den mit 90%igem und absolutem Alkohol erhaltenen Trockenrückständen konnte durch Lösen in wenig Alkohol, Abscheiden von Chlorophyll usw. durch Wasser, Filtrieren und Verdampfen eine fast weiße, stark süße, nahezu aschenfreie, jedoch noch gerbsäurehaltige Substanz in geringer Menge gewonnen werden; aus den mit 75- und 50%igem Alkohol erhaltenen Extrakten ebenso ähnliche, jedoch etwas aschenreichere Produkte, gleichwohl in erheblicherer Menge.

Es wurden daher Auszüge mit 50%igem Alkohol teils direkt, teils nach dem Entfernen des Alkohols wie oben mit Zinksulfat, Baryumhydrat und Ammoniumkarbonat gereinigt und die bei niederer Temperatur erhaltenen Verdunstungsrückstände mit Alkohol ausgezogen; nach dem Konzentrieren der Lösungen unter stark vermindertem Luftdruck wurde zum ersten Mal die Abscheidung kristallinischer Massen beobachtet.

Aus Resten der alkoholischen Auszüge wurden ferner Gerbstoff, Chlorophyll u. a. durch Bleiessig in geringem Überschuß abgeschieden und das schwach saure Filtrat zur Abstumpfung der freien Essigsäure mit überschüssigem Bleioxyd längere Zeit erhitzt; dabei zeigte sich, daß das Filtrat nach dem Entbleien durch Schwefelwasserstoff fast keinen Süßstoff mehr enthielt und derselbe unter diesen Umständen in den Bleihydroxydniederschlag übergegangen war. Ein rein wässeriger Auszug ergab ein ähnliches Resultat. Es schien damit eine glatte Trennung des Süßstoffes von den Alkaliverbindungen der Pflanze ermöglicht zu sein.

Aus der Lösung des ausgewaschenen Niederschlages in möglichst wenig verdünnter Essigsäure wurde das Blei durch Schwefelwasserstoff entfernt und das Filtrat über

Ätzkalk verdunstet; die stark konzentrierte Flüssigkeit zeigte eine Trübung, die unter dem Mikroskop durch ölige Tröpfchen hervorgerufen erschien; beim Versuche, dieselben durch Äther zu lösen, zeigte sich, daß dadurch der Süßstoff aus der Essigsäurelösung direkt in weißen Flocken gefällt wurde; auch nach völligem Eintrocknen der essigsauren Lösung konnte er aus der alkoholischen Lösung des Rückstandes in derselben Weise durch Äther abgeschieden werden, und führte diese Beobachtung alsbald zu einer verhältnismäßig einfachen Darstellung des Süßstoffes.

Darstellung des reinen Eupatoriumsüßstoffes.

Nach obigen Erfahrungen konnten durch Ausziehen der vorliegenden Pflanzenteile mit Alkohol, Fällen des Filtrats mit Äther und Auswaschen des Niederschlages mit letzterem in kurzer Zeit aus den Stengeln geringere, aus den Blättern verhältnismäßig große Mengen eines süßen Stoffes als weißes oder schwach grauweißes, ganz oder nahezu aschenfreies Pulver gewonnen werden. Kalt bereitete Auszüge lieferten weniger, aber besseres Rohprodukt, als die durch Auskochen mit Alkohol oder im Soxhletschen Apparat hergestellten.

Durch erschöpfende Behandlung mit großen Mengen siedendem Alkohol, Konzentrieren der Filtrate, Fällen mit Äther und Auswaschen der Niederschläge mit denselben wurden folgende Mengen roher Süßstoff erhalten:

aus älteren, verholzten Stengeln	0,5	%
„ jüngeren Stengeln	2,2–2,7	„
„ Abfallpulver	6,3	„
„ geschwärzten Blättern	12,1	„
„ matt- oder gelbgrünen Blättern	20—21	„
„ lebhaft grünen Blättern	23—26	„

Es war von vornherein anzunehmen, daß die in so reichlicher Menge gewonnene Substanz nicht den auch nur annähernd reinen Süßstoff der Pflanze vorstellen konnte; auch lieferten die besten, fast rein weißen und rein süß schmeckenden Produkte mit Wasser und Alkohol stark braune Lösungen, die mit Eisenchlorid eine Reaktion auf Gerbsäure zeigten.

Reinigungsversuche des Rohprodukts. Da nach obigen Erfahrungen der Süßstoff durch basisches Bleiazetat in der Kälte nicht gefällt wird, lag es nahe, aus der wässerigen Lösung des Rohprodukts die Gerbsäure auf diese Weise als Bleitannat und aus dem Filtrat das überschüssige Blei als Sulfid abzuscheiden. Die so erhaltene fast farblose, saure Flüssigkeit lieferte jedoch beim Verdampfen ein zwar süßes, aber amorphes, in Wasser trübe lösliches Produkt, welches, wie sich später zeigte, ein Gemisch der durch Essigsäure in der Wärme erzeugten Spaltungsprodukte des Süßstoffes war.

Es wurde daher versucht, den rohen Süßstoff mit Hilfe indifferenter Lösungsmittel zu reinigen. In Äther, Essigäther, Benzol und anderen Teer-, sowie Petroleumkohlenwasserstoffen, Chloroform und Schwefelkohlenstoff war das Gemisch unlöslich, ließ sich durch diese auch nicht von färbenden Stoffen befreien. In Wasser, absolutem und verdünntem Alkohol, sowie in Amylalkohol löste es sich leicht mit brauner Farbe; doch

auch aus diesen Lösungen konnten selbst nach längerem Stehen und starkem Abkühlen keine Kristalle erhalten werden. Schließlich wurde gefunden, daß sowohl zum Lösen als auch zum Reinigen der Methylalkohol am geeignetsten war. Aus diesem scheidet sich der Süßstoff in Form von feinen weißen Nadeln ab.

Vor der Beschreibung seiner Eigenschaften sei noch einiges über die technische Ausführung der Darstellung erwähnt: die grob gepulverten Blätter werden mit 5 Teilen absolutem Alkohol unter gelindem Erwärmen 4—5 Stunden oder besser 4—5 Tage lang kalt ausgezogen, oder auch (im Gemische mit Sand) im Perkolator erschöpfend behandelt. Der klar filtrierte Auszug wird in sein fünffaches Gewicht Äther gegossen; von dem sich rasch absetzenden Niederschlage wird die grüne Mutterlauge möglichst durch Abhebern oder mit der Pipette entfernt und der Niederschlag mit einem Gemisch von 1 Teil Alkohol und 9 Teilen Äther aufgerührt. Da er sich jetzt nur langsam, weiterhin kaum mehr absetzt, bringt man das Gemisch auf einen verhältnismäßig großen Trichter, in den ein kleines, mit Alkohol-Äthergemisch benetztes, dicht anliegendes Filter eingelegt ist. Der Trichter werde nur bis zur Hälfte gefüllt und während des Ablaufens die am Rande sich hochziehende Flüssigkeit alsbald mit obigem Gemisch wieder herabgespült, da das sonst antrocknende Chlorophyll sich nur schwer wieder in Lösung bringen läßt. Sobald die Waschflüssigkeit rein gelb abläuft, ist die alkoholhaltige Lauge zweckmäßig noch möglichst durch reinen Äther zu verdrängen, da sonst hängengebliebener Alkohol nach dem Abpressen und Verflüchtigen des Äthers lösend auf den Niederschlag wirkt und ein Zerfließen desselben zu einer zähen braunen Masse veranlaßt. Bei gutem Auswaschen, was durch schwaches Saugen befördert werden kann, und nach raschem Abdrücken des Rückstandes zwischen Fließpapier hinterbleibt ein grauweißer Preßkuchen und nach dem Zerkleinern und Trocknen desselben (erst an der Luft, sodann bei 100°) der rohe Süßstoff als nahezu weißes und aschenfreies Pulver.

Beim Übergießen mit wenig Methylalkohol ballt dasselbe nach Art der gewöhnlichen Gallusgerbsäure leicht zusammen, geht aber bei gelindem Erwärmen schon mit 1—2 Teilen des Lösungsmittels leicht in Lösung, welche häufig schon in der Wärme Kristalle abscheidet und nach dem Erkalten zu einem fast festen Kristallbrei erstarrt; die Operation ist daher zweckmäßig in Erlenmeyerkolben vorzunehmen. Durch Rühren mit einem dicken Stab verflüssigt sich der Brei soweit, daß die sirupartige, tiefbraune Mutterlauge abgesogen und ihr Rest durch kleine Mengen Methylalkohol verdrängt werden kann; der so gereinigte Süßstoff erscheint bereits als fast rein weiße Kristallmasse, die aus einem Haufwerk feiner Nädelchen besteht.

Beim Umkristallisieren sind jetzt, nach Entfernung der Gerbsäure, zur Lösung der Substanz erheblich größere Mengen heißen Methylalkohols, etwa 50—60 Teile, zum zweiten Umkristallisieren 100—120 Teile erforderlich; aus diesen verdünnten Lösungen scheidet sich der Süßstoff indessen häufig nur träge wieder aus; die filtrierten Flüssigkeiten werden dann besser durch Destillation auf $^1/_4$—$^1/_5$ ihres Volumens konzentriert; beim Erkalten erhält man so den Süßstoff in schönen weißen Nadeln, welche unter dem Mikroskop nicht die geringste Verunreinigung mit fremden, anders geformten Elementen zeigen.

Aus den grünen Blättern wurden auf diese Weise an einmal mit Methylalkohol gereinigtem Süßstoff 5—6%, an zweimal gereinigtem $2^1/_2$—3% erhalten. Durch Konzentration der Mutterlaugen lassen sich natürlich noch weitere Mengen Süßstoff, jedoch in weniger reinem Zustande, gewinnen.

Ohne den großen Aufwand an Äther scheint sich auch folgende Methode zur Herstellung des Süßstoffes zu bewähren: Ausfällen der Gerbsäure aus dem konzentrierten alkoholischen Auszug der Blätter mit alkoholischer Bleiazetatlösung, Entbleien des Filtrats mit Schwefelwasserstoff, Ausfällen des neuen Filtrats mit Äther und Waschen des Niederschlages, wie oben; immerhin sind zu letzterer Operation auch wieder nicht unerhebliche Mengen Äther nötig, doch ist das Volumen des auszuwaschenden Niederschlages nach Entfernung der Gerbsäure erheblich kleiner. Ein vorheriges Konzentrieren des entbleiten Filtrats, besonders in der Wärme, ist wegen der Einwirkung der freien Essigsäure auf den Süßstoff (s. u.) durchaus zu vermeiden.

Ein Ersatz des Äthers durch Petroleumäther oder Benzin hat sich nicht bewährt, da das Chlorophyll darin zu schwer löslich ist.

Eigenschaften. Der auf obige Weise erhaltene Eupatoriumsüßstoff bildet rein weiße, oft verfilzte Nadeln von stark süßem Geschmack; dieselben lösen sich leicht in Wasser, Alkohol und Amylalkohol, schwer in Methylalkohol und Aceton, nur spurenweise in Äther, Benzol und anderen Kohlenwasserstoffen; aus konzentrierten Lösungen in Wasser oder 50%igem Alkohol kristallisiert er, oft träge und erst nach längerem Stehen, in schönen langen Nadeln; ein längeres Erhitzen oder Verdampfen solcher Lösungen ist zu vermeiden, da der Süßstoff dadurch schon verändert wird (s. u.). Dagegen wurde neuerdings beobachtet, daß der Süßstoff auch ohne den großen Aufwand von Methylalkohol durch Umkristallisieren aus mäßig verdünntem Methylalkohol gereinigt werden kann: Der aus dem Rohprodukt durch einmaliges Umkristallisieren aus $1—1^1/_2$ Teilen Methylalkohol und gutem Auswaschen mit diesem gereinigte Stoff wird mit 10 Teilen Methylalkohol zum beginnenden Sieden erhitzt und die Flüssigkeit vorsichtig mit Wasser, das auf 60—70° vorgewärmt ist, versetzt, bis eben alles in Lösung gegangen ist, wozu etwa das gleiche Gewicht des Süßstoffes an Wasser erforderlich ist. Aus der rasch filtrierten Lösung scheidet sich der Süßstoff beim Erkalten nunmehr nicht in Nadeln, sondern in kompakteren Säulen oder Prismen ab, die oft zu Drusen gruppiert sind.

Beim Erhitzen im Röhrchen bleibt der Süßstoff bis etwa 180° beständig, ballt bei 180—190° zusammen und färbt sich gelblich, erweicht dann und schmiltzt unter tiefgreifender Zersetzung und Gaswicklung bei etwa 200—210° zu einer dunkelbraunen, durchsichtigen Flüssigkeit; ein scharfer Schmelzpunkt ist also nicht zu beobachten. Beim Erhitzen an der Luft verbrennt er, zunächst mit leuchtender Flamme und unter Abscheidung von kohliger Substanz und diese bei stärkerem Erhitzen ohne Rückstand.

Bei der Elementaranalyse des Eupatoriumsüßstoffes ergab sich, daß das Rohprodukt kleine Mengen Stickstoff enthielt, ebenso war das einmal mit wenig ($1^1/_2$ T.) Methylalkohol gereinigte Produkt nicht ganz frei davon; die sodann aus einer größeren Menge Methylalkohol umkristallisierte Substanz wies einen so geringen Gehalt an Stick-

stoff auf (0,05—0,06%), daß dieselben auf Versuchsfehler oder Verunreinigung der Reagenzien zurückgeführt werden mußte.

Bei der Verbrennung dieser Substanz wurden gefunden

Kohlenstoff	a) 55,91%		Wasserstoff	a) 8,20%
	b) 55,91 „			b) 7,98 „
	Mittel 55,91%			Mittel 8,09%

Diese Zahlen stimmen annähernd auf die Bruttoformel $C_{23}H_{40}O_{11}$ oder $C_{46}H_{80}O_{22}$

	Berechnet für $C_{46}H_{80}O_{22}$	Gefunden
Kohlenstoff	56,10%	55,91%
Wasserstoff	8,13 „	8,09 „
Sauerstoff	35,77 „	36,00 „
	100,00%	100,00%

Es zeigte sich indessen, daß dieses Produkt, obgleich es unter dem Mikroskop keinerlei fremdartige Formen zeigte, noch Spuren Verunreinigungen enthielt, die sich allerdings nur durch ein sehr schwaches Opalisieren der wässerigen Lösungen verrieten.

Nach nochmaligem Umkristallisieren des obigen Produkts aus großen Mengen Methylalkohol oder aus beschränkten Mengen verdünnten Methylalkohols wurden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Dreimal aus Methylalkohol umkristallisierter Süßstoff

a) 0,2002 g gaben	0,1389 g H_2O	= 0,015433 g H	= 7,71% H	
„	0,4030 g CO_2	= 0,109909 g C	=	54,90% C.
b) 0,1994 g „	0,1374 g H_2O	= 0,015266 g H	= 7,66 „ „	
„	0,4060 g CO_2	= 0,110727 g C	=	55,38 „ „

2. Einmal aus gewöhnlichem, zweimal aus verdünntem Methylalkohol umkristallisierter Süßstoff

a) 0,2054 g gaben	0,1457 g H_2O	= 0,016188 g H	= 7,88% H	
	0,4175 g CO_2	= 0,113863 g C	=	55,43% C.
b) 0,2072 g „	0,1411 g H_2O	= 0,015677 g H	= 7,57 „ „	
	0,4188 g CO_2	= 0,114218 g C	=	55,12 „ „
c) 0,2065 g „	0,1431 g H_2O	= 0,015900 g H	= 7,70 „ „	
	0,4188 g CO_2	= 0,114218 g C	=	55,31 „ „

Als Mittel ergeben sich

	C	H	O
1. für den dreimal aus reinem Methylalkohol umkristallisierten Süßstoff	55,14%	7,68%	37,18%
2. für den einmal aus reinem und zweimal aus verdünntem Methylalkohol umkristallisierten Süßstoff	55,29%	7,72%	36,99%
3. als allgemeines Mittel aus obigen Bestimmungen .	55,23%	7,70%	37,07%

Aus diesen Zahlen lassen sich u. a. folgende Formeln ableiten:

	Gefunden	Berechnet für $C_{46}H_{76}O_{23}$	$C_{44}H_{72}O_{22}$	$C_{42}H_{70}O_{21}$	$C_{42}H_{72}O_{21}$	$C_{42}H_{74}O_{21}$
C	55,23 %	55,39 %	55,43 %	55,35 %	55,23 %	55,11 %
H	7,70 „	7,65 „	7,62 „	7,75 „	7,95 „	8,15 „
O	37,07 „	36,96 „	36,95 „	36,90 „	36,82 „	36,74 „
	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

In Anbetracht der Zusammensetzung der durch Säuren entstehenden und später noch zu erwähnenden Spaltungsprodukte gewinnt eine der Formeln mit 42 Kohlenstoffatomen sehr an Wahrscheinlichkeit.

Hinsichtlich seiner Zusammensetzung unterscheidet sich der Eupatoriumsüßstoff also wesentlich von dem der Süßholzwurzel, dem Glycyrrhizin, dessen Formel übrigens auch erst in neuester Zeit durch Tschirch (s. u.) richtig gestellt ist. Auch in ihrem chemischen Verhalten zeigen beide Stoffe erhebliche Unterschiede: während Glycyrrhizin, bezw. seine Ammoniumverbindung in wässeriger Lösung durch Lösungen von Salzen der meisten Schwermetalle (Bleiazetat, Kupfersulfat, Zinksulfat, Quecksilberchlorid, Silbernitrat usw.), sowie durch Aluminiumazetat, Baryumchlorid und Calciumchloridlösungen gefällt wird, wird die Lösung des Eupatoriumsüßstoffes durch die genannten Reagenzien nicht verändert. Auch durch verdünnte Schwefelsäure, welche das wesentlichste Abscheidungsmittel des Glycyrrhizins bildet, wird der Eupatoriumsüßstoff nicht gefällt. Dazu kommt die Unfähigkeit des letzteren — im Gegensatz zu dem Glycyrrhizin — wohl charakterisierte Ammoniumverbindungen zu liefern.

Diese und andere Unterschiede der beiden fraglichen Stoffe finden sich in der unten bei Glycyrrhizin folgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

Eine gewisse Ähnlichkeit zeigen beide Süßstoffe in ihrem Verhalten beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure, insofern beide ein leicht und ein schwer lösliches Spaltungsprodukt liefern; die erhaltenen Körper sind jedoch untereinander wieder verschieden; die aus dem Eupatoriumsüßstoff gewonnenen seien zunächst hier näher beschrieben.

Spaltungsprodukte des Eupatoriumsüßstoffes.

Schon beim Kochen oder längeren Erwärmen der wässerigen Lösung dieses Körpers auf dem Wasserbade erleidet er eine wesentliche Veränderung: während er Fehlingsche Kupferlösung für sich bei einmaligem raschem Aufkochen nicht reduziert, tritt diese Erscheinung bei der längere Zeit erhitzten Süßstofflösung bald deutlich auf. Auch bei direktem Erhitzen einer Lösung des Süßstoffes mit Fehlingscher Lösung erfolgt in der alkalischen Flüssigkeit nach längerer Zeit Abscheidung von rotem Kupferoxydul.

Leichter und glatter tritt eine Spaltung des Süßstoffes beim Erhitzen seiner wässerigen Lösung mit sehr verdünnter Schwefelsäure ein: beim Kochen trübt sich die Flüssigkeit nach kurzer Zeit und scheidet allmählich einen weißen schweren Bodensatz ab, welcher bald ein heftiges Stoßen veranlaßt; man erhitzt daher besser nur auf dem lebhaft kochenden Wasserbade, wobei die Reaktion langsamer, aber gefahrloser verläuft. Durch Zusatz von Alkohol, der das in Wasser schwer lösliche Spaltungsprodukt zunächst in Lösung hält, kann die Operation etwas beschleunigt werden; nach dem

Verflüchtigen des Alkohols scheidet sich das schwer lösliche Spaltungsprodukt schon aus der heißen Flüssigkeit in reichlicher Menge ab; durch Konzentrieren des Filtrats oder Ausschütteln mit Äther können noch kleine Quantitäten desselben gewonnen werden.

Dieses in Wasser schwer lösliche Spaltungsprodukt sei in folgendem der Kürze halber zunächst mit A, das andere leicht lösliche mit B bezeichnet.

Die Spaltung des Eupatoriumsüßstoffes erfolgt — im Gegensatz zum Glycyrrhizin — auch schon durch Erhitzen mit Essigsäure.

Das in Wasser leicht lösliche Spaltungsprodukt B, das beim Kochen des Eupatoriumsüßstoffes mit verdünnten Säuren entsteht, charakterisiert sich als Glykose. Die von dem schwer löslichen Produkt A abfiltrierte Flüssigkeit reduziert alkalische Kupferlösung stark; nach dem Ausfällen der Schwefelsäure durch Barytwasser, des überschüssigen Baryts durch Ammoniumkarbonat und Verdampfen des Filtrats erhält man einen süß schmeckenden amorphen Rückstand, welcher beim Erhitzen seiner wässerigen Lösung mit Phenylhydrazin und Natriumazetat die Glukosazon-Reaktion gibt. Der Eupatoriumsüßstoff scheint demnach — im Gegensatz zu dem Glycyrrhizin des Süßholzes — ein echtes Glykosid zu sein. Die zur Verfügung stehende Menge des Süßstoffes ließ es nicht zu, den quantitativen Verlauf der Reaktion eingehender zu verfolgen. Es muß infolgedessen dahingestellt bleiben, ob die weiter unten angeführte einfache Zerfallsgleichung dem wirklichen Tatbestand entspicht.

Das Spaltungsprodukt A bildet nach dem Auswaschen und Trocknen ein weißes kristallinisches, vollkommen geschmackloses Pulver oder mikroskopisch kleine Prismen, welche, wenn man von dem reinen Süßstoffe ausgegangen ist, kaum einer weiteren Reinigung zu bedürfen scheinen. Durch Behandeln mit verschiedenen Lösungsmitteln läßt es sich in mannigfaltigen Formen gewinnen: die heiße wässerige Lösung, welche nur geringe Mengen des Stoffes enthält, trübt sich beim Erkalten milchig und scheidet undeutlich kristallinische Massen ab; wird seine Lösung in heißem Methylalkohol mit Wasser bis zur beginnenden Trübung versetzt, so bilden sich beim Erkalten kurze dickere Prismen und Blättchen; eine in derselben Weise hergestellte Lösung in verdünntem Äthylalkohol liefert nach vorangehender milchiger Trübung weiße, sternförmig gruppierte Nadeln, welche in ihrer Form stark an diejenige des Süßstoffes selbst erinnern, indessen vollkommen geschmacklos sind; aus verdünnter Essigsäure wurde das Produkt in verhältnismäßig großen Blättchen und Säulen gewonnen; aus Äther endlich, in welchem es — im Gegensatze zu dem Süßstoffe selbst — leicht löslich ist, konnte es durch freiwilliges Verdunsten der Lösung bisher nur in amorphem Zustande erhalten werden.

Es schmilzt bei 226—227°; die geschmolzene Masse läßt sich auf 200—180° abkühlen, ohne — auch beim Rühren mit einem Platindraht — fest zu werden; bei ruhigem Abkühlen erstarrt sie alsdann zu einer hellbräunlich durchsichtigen, glasigen Masse, die später wieder in den kristallinischen, opaken Zustand übergeht; bei weiterem Erhitzen der geschmolzenen Substanz verflüchtigt sich dieselbe unzersetzt. In verdünnter Natronlauge, sowie in Ammoniak löst sich das Produkt A leicht und scheint

überhaupt sauren Charakter zu besitzen. Die ammoniakalische Flüssigkeit hinterläßt beim freiwilligen Verdunsten einen amorphen Rückstand.

Leider reichte das vorhandene Material nicht mehr aus, um die Zusammensetzung dieses Stoffes mit Sicherheit ermitteln zu können, und es konnte nur eine einigermaßen zuverlässige Elementaranalyse ausgeführt werden. Dieselbe führte zu folgendem Ergebnis:

	Gefunden	Berechnet für a) $C_{30}H_{38}O_5$	b) $C_{30}H_{40}O_5$	c) $C_{30}H_{42}O_5$
C	74,70%	75,27%	74,95%	74,64%
H	8,50 „	8,01 „	8,39 „	8,77 „
O	—	16,72 „	16,66 „	16,59 „

Mittels dieser Formeln lassen sich folgende einfache Spaltungsgleichungen aufstellen:

$$a)\ C_{42}H_{70}O_{21} = C_{30}H_{38}O_5 + 2\ C_6H_{12}O_6 + 4\ H_{20}$$
$$b)\ C_{42}H_{72}O_{21} = C_{30}H_{40}O_5 + 2\ C_6H_{12}O_6 + 4\ H_{20}$$
$$c)\ C_{42}H_{74}O_{21} = C_{30}H_{42}O_5 + 2\ C_6H_{12}O_6 + 4\ H_{20}$$

Vorläufig könnte demnach für den Süßstoff selbst die Formel $C_{42}H_{72}O_{21}$ und für das Spaltungsprodukt die Formel $C_{30}H_{40}O_5$ angenommen werden[1]).

Der Gerbstoff, welcher, wie oben erwähnt, neben dem Süßstoff in großer Menge in der Pflanze enthalten ist, bleibt in den letzten sirupösen Methylalkoholmutterlaugen mit tief brauner Farbe gelöst; die Flüssigkeit scheidet beim Verdünnen mit Wasser etwas harzige Stoffe ab, das Filtrat gibt alsdann mit Eisenalaunlösung einen reichlichen grünen, bei Gegenwart einer Spur Alkali einen schwarzbraunen Niederschlag. Wenn auch die Unterscheidung der Gerbstoffe in eisengrünende und eisenschwärzende nach den heutigen Erfahrungen nicht mehr festgehalten werden kann, so möchte Verf. doch nicht verfehlen, auf diese hier in so ausgesprochener Weise eintretende Reaktion aufmerksam zu machen.

Außer den bisher erwähnten Substanzen findet sich in den Blättern des Eupatorium Rebaudianum wahrscheinlich noch ein Körper, der auch bei anhaltendem Auskochen der Blätter mit größeren Mengen Alkohol nur schwer ganz in Lösung geht; die eingeengten Auszüge scheiden bei längerem Stehen weder Süßstoff noch Gerbstoff, dagegen eine braune, amorphe Masse ab, welche, wie das oben erörterte Spaltungsprodukt, keinen ausgesprochenen Geschmack besitzt und sich gleichfalls leicht in Äther löst, sich von demselben aber wesentlich durch seine Schwerlöslichkeit in Alkohol unterscheidet.

Unter den zahlreichen, etwa 150 Arten der Gattung Eupatorium findet sich nur eine deutsche Art, das Eupatorium cannabinum L. (Wasserdosten, Wasserhanf, Hirschwundkraut). Gelegentlich wurden von dem Referenten Blätter dieser Pflanze ge-

[1]) Von der Droge selbst sind vorwiegend nur noch Stengel vorhanden, von denen die älteren verholzten fast keinen, die jüngeren auch nur wenig und schwer zu reinigenden rohen Süßstoff ausgeben. — Versuche, das Spaltungsprodukt direkt aus den methylalkoholischen Mutterlaugen des Rohstoffes abzuscheiden, lieferten zwar nicht unerhebliche Mengen des ersteren, doch gelang es bisher nicht, dasselbe genügend zu reinigen und besonders von einer in amorphen Kügelchen oder öligen Tröpfchen sich mit abscheidenden Substanz zu befreien.

sammelt; die frischen Blätter zeigten einen bitter-scharfen, die getrockneten einen faden Geschmack. Aus dem alkoholischen Auszuge konnte durch Äther weder ein Süßstoff, noch eine andere Substanz abgeschieden werden; auch Gerbstoff war nur spurenweise vorhanden.

Von anderen Vertretern derselben Gattung liefern Eupatorium tinctorum und Eupatorium indigoferum in Brasilien einen blauen, Indigo-ähnlichen Farbstoff; die Wurzel von Eup. chilense dient zum Gerben, das Kraut zum Gelbfärben; auch der aus der vorliegenden Pflanze abgeschiedene Süßstoff ist, wie oben bemerkt, von großen Mengen Gerbsäure, außerdem von einer Substanz begleitet, die sich in alkalischen Flüssigkeiten mit tief orangegelber Farbe löst.

Der bei weitem wichtigste Bestandteil dieser Pflanzengattung dürfte indessen der obige, aus dem Eupatorium Rebaudianum abgeschiedene Süßstoff sein; außer der eingangs erwähnten praktischen Verwendung der Blätter in ihrem Vaterlande zum Versüßen des Tees könnte der reine Süßstoff eine nicht zu unterschätzende Wichtigkeit für die Medizin erlangen, da das alsbald näher zu besprechende Glycyrrhizin bisher nur sehr unrein in den Handel kommt und auch jetzt noch seiner Reindarstellung erhebliche Schwierigkeiten entgegentreten. Ob der Eupatoriumsüßstoff indessen für Diabetiker Verwendung finden könnte, wie dies für das Glycyrrhizin vorgeschlagen worden, ist fraglich, da die oben erwähnte Abspaltung von Glukose aus dem ersteren wahrscheinlich auch im Organismus vor sich gehen würde.

Immerhin dürfte es eine dankbare Aufgabe für die Botaniker sein, nachzuforschen, ob die fragliche Süßstoffpflanze Eupatorium Rebaudianum auch in andern tropischen Gegenden, besonders in den Deutschen Kolonien, vielleicht in dem mit ihrer Heimat Paraguay unter etwa gleichen Breitengraden gelegenen Deutsch-Südwestafrika vorkommt oder sich dort leicht kultivieren läßt, um so auf leichtere Weise eine größere Menge Material zur Gewinnung und näheren Erforschung der Eigenschaften des Süßstoffes zu erlangen.

II. Die Süßstoffe der Süßholzwurzel.

Schon eine oberflächliche Vergleichung der Eigenschaften des aus dem Eupatorium Rebaudianum abgeschiedenen Süßstoffes mit den bisher für das Glycyrrhizin des Süßholzes als charakteristisch angesehenen Merkmalen deutete auf die völlige Verschiedenheit der beiden Stoffe. Auch in der Elementarzusammensetzung weichen beide Körper, wenn man die für das Glycyrrhizin in der letzten Zeit (seit Habermanns Arbeiten 1878 s. u.) angenommene Formel gelten lassen will, erheblich voneinander ab.

Immerhin erschien es wünschenswert, durch eine genauere Untersuchung der Eigenschaften beider in möglichster Reinheit dargestellten Stoffe diese Verschiedenheit zu bestätigen.

Da jedoch die ziemlich zahlreichen älteren Angaben über das Glycyrrhizin sehr verschieden lauten und sich zum Teil widersprechen, waren eine Kontrolle derselben und die Darstellung eines zuverlässig reinen Glycyrrhizins erforderlich.

Es erscheint von vornherein auffallend, daß ein so altbekannter Arznei- und auch technisch verwendeter Rohstoff, wie das Süßholz, bis in die neueste Zeit hinein

noch nicht erschöpfend untersucht und daß sein wirksamer Bestandteil, der als Glycyrrhizin (Glycyrrhizinsäure) bezeichnete Stoff erst in neuester Zeit in zuverlässig reinem Zustande dargestellt worden ist.

Schon in der Nomenklatur herrscht eine gewisse Verworrenheit: Während die Einen mit „Glyzyrrhizin" schlechthin den Stoff bezeichnen, der dem Süßholz vorwiegend seinen süßen Geschmack erteilt und der wesentlich aus glycyrrhizinsaurem Ammonium oder Calcium besteht, verstehen Andere unter „Glycyrrhizin" die freie Glycyrrhizinsäure, welche an sich in Wasser schwer löslich ist und erst nach Bildung löslicher Salze den bekannten süßen Geschmack aufweist. Im folgenden soll wesentlich die freie Glycyrrhizinsäure behandelt werden.

Historisches. Aus dem Süßholz wurde zuerst durch Pfaff[1]) ein süß schmeckender Stoff, Glyzion genannt, abgeschieden. — Robiquet[2]) nannte den eigentlichen süßen Bestandteil der Droge Glycyrrhizin und machte zuerst darauf aufmerksam, daß derselbe (bezw. die freie Glycyrrhizinsäure) aus dem wässerigen Süßholzauszuge durch Säuren gefällt wird; er fand ferner in der Wurzel einen kristallisierbaren, durch Bleiessig nicht fällbaren, stickstoffhaltigen Bestandteil, den er Agedoit nannte, der aber später von Plisson als Asparagin erkannt wurde. Der Name „Süßholzzucker" für das süße Prinzip des Süßholzes ist in viele ältere Lehrbücher der Pharmakognosie (Berg [1857], Henkel [1859] u. a.) übergegangen; Duflos (Chemisch. Apothekerbuch, große und kleine Ausgabe, 1847 und 1857) nennt es „Wurzelzucker".

Die Glycyrrhizinsäure bezw. ihre Verbindungen finden sich wesentlich in den Wurzeln verschiedener Arten der der Familie der Leguminosen, Abteil. Papilionaceen angehörigen Gattung Glycyrrhiza: G. glabra (spanisch. Süßholz), G. echinata (russisch. Süßholz) und G. glandulifera (griechisch. Süßholz), von welchen Pflanzen wesentlich die beiden ersteren die Handelsware liefern; außerdem findet sie sich in verschiedenen, anderen Familien angehörigen Pflanzen: in der Monesiarinde (von Chrysophyllum glycyphleum) (Sapotaceen), in dem Kraut von Myrrhis odorata (Umbelliferen), nach Guignet[3]) auch in dem Wurzelstock von Polypodium vulgare (Farn).

Über die Darstellung und die Eigenschaften der Glycyrrhizinsäure und ihrer Verbindungen finden sich in der späteren Literatur die verschiedensten Angaben; außer von den oben genannten Forschern liegen solche von Martin[4]), Hirsch[5]), Rump[6]), Vogel[7]), Roussin[8]) u. a. vor und mögen hier nur kurz erwähnt werden, da sie sich meist auf noch unreine Gemische beziehen.

Von neueren Arbeiten wurden in bezug auf die Darstellung der fraglichen Stoffe

---

[1]) System d. Mater. med. **1**; 187.

[2]) Nach Berzelius, Jahrb. d. Chemie, übersetzt von Wöhler; **4**. Aufl. vom Jahre 1838, Bd. 7; 348.

[3]) Jahresber. 1885, 1772.

[4]) Jahresber. der Chem., 1860, 551.

[5]) Pharm. J. Trans. [3] **1**, p. 749; Jahresber. der Chemie, 1871, 802.

[6]) N. Rep. Pharm. **4**, 153.

[7]) J. prakt. Chemie, **28**, 1.

[8]) J. de pharm. et de chim. Juillet 1875, p. 6; Arch. Pharm. 1856 [3] **8**, 156.

besonders diejenigen von Gorup-Besanez[1]) und von Habermann[2]) berücksichtigt, die indessen auch schon bis in die Jahre 1861 und 1878 zurückreichen. Erst in neuester Zeit haben Tschirch und Cederberg[3]) die Glycyrrhizinfrage wieder aufgenommen; es ist ihnen auch gelungen, Klarheit in dieselbe zu bringen und die wahre Zusammensetzung und Konstitution des Glycyrrhizins zu erforschen; auch stellen die Verfasser Fortsetzung der Arbeit und weitere Aufklärungen in Aussicht.

Die im Kaiserl. Gesundheitsamte angestellten Versuche bezweckten, wie schon erwähnt, hauptsächlich zunächst die Reindarstellung des Glycyrrhizins nach den bisherigen Methoden zum Vergleiche desselben mit dem Eupatoriumsüßstoff.

Die hierbei meist bereits vor zwei Jahren erlangten Resultate bestätigen im ganzen die von Tschirch und Cederberg gefundenen Ergebnisse, insbesondere hinsichtlich der Abwesenheit des Stickstoffs in der Glycyrrhizinsäure.

Abgesehen hiervon konnten die Kenntnisse über die Herstellung der Glycyrrhizinsäure und ihrer Verbindungen, sowie über die Bestandteile des Süßholzes überhaupt durch einige neue Beobachtungen ergänzt und auch die Ursachen der früheren irrtümlichen Annahme Habermanns eines Stickstoffgehalts der freien Glycyrrhizinsäure aufgeklärt werden.

Als Ausgangsmaterial diente zunächst nach den Angaben von Habermann und anderen das käufliche Glycyrrhizinum ammoniatum der Drogisten und Apotheken. Zwei Proben desselben erschienen in braunschwarzen Lamellen von lakritzenähnlichem Aussehen und Geschmack; dieselben sollen wesentlich aus rohem amorphem glycyrrhizinsaurem Ammonium bestehen und beim Umkristallisieren aus Eisessig schwach gelbliche Blättchen von saurem glycyrrhizinsaurem Ammonium liefern; doch gaben beide Proben erst nach längerem Stehen der Essigsäurelösung nur undeutlich kristallinische grauweiße Massen, die auch durch öfteres Lösen und Wiederabscheiden aus Eisessig kein reineres Produkt lieferten.

Überhaupt ist dieses Rohprodukt nach Schmidt (Lehrb. der pharm. Chemie, (1896) II. 1555) auch kein nur annähernd reines chemisches Individuum, sondern enthält außer neutralem glycyrrhizinsaurem Ammonium noch amorphes Glycyrrhizinbitter und gleichfalls amorphes, dunkelbraunes Glycyrrhizinharz.

Es wurde daher diese Methode als aussichtslos aufgegeben und von der Süßholzwurzel direkt ausgegangen.

Dazu wurde fast ausschließlich bestes geschältes russisches Süßholz angewandt; ein Nebenversuch mit der spanischen Wurzel bestätigte vollkommen die Angaben von v. Gorup-Besanez, daß dieselbe ein dunkleres, schwerer zu reinigendes Produkt und — wie hinzugesetzt werden kann — in erheblich geringerer Menge, als das russische Süßholz, lieferte. Nach v. Gorup-Besanez wurde der kalt bereitete, filtrierte wässerige Auszug aufgekocht und das erkaltete Filtrat von dem abgeschiedenen Eiweiß mit verdünnter Schwefelsäure gefällt; der anfangs gelbliche, flockige Niederschlag ballte zu einer braunen, kaum auswaschbaren Masse (s. u.) zusammen. Aus der Lösung der-

[1]) Ann. Chem. Pharm. **118** (1861), 236.
[2]) Liebigs Ann. **197**, 117.
[3]) Arch. der Pharm. **245**, 97 (Ende März 1907).

selben in 82%igem Alkohol soll durch Äther ein braunes Harz abgeschieden und der Verdunstungsrückstand durch nochmaliges Lösen in Alkohol von derselben Stärke, Fällen mit Äther und Verdunsten des Filtrats gereinigt werden. Dabei zeigte sich, daß aus der ersten alkoholischen Lösung durch eine beschränkte Menge Äther zwar zunächst braune bis rötliche harzähnliche Massen abgeschieden werden und daß der Verdunstungsrückstand des Filtrats nach probeweisem Lösen in Ammoniak und Verdampfen eine immerhin noch süße Substanz hinterläßt; nach nochmaligem Lösen der Hauptmenge des Rohprodukts in 82%igem Alkohol und Zusatz von Äther bis zum vollständigen Ausfällen der harzartigen Stoffe gab das neue Filtrat jedoch einen fast ziegelroten, pulverigen Trockenrückstand, der weder für sich süß schmeckte, noch nach dem Verdunsten seiner ammoniakalischen Lösung ein süßes Produkt lieferte. Auch durch fraktionierte Fällung der Lösung des Rohprodukts in 82%igem Alkohol mit Äther schied sich das Glycyrrhizin größtenteils in den ersten Fraktionen gemeinschaftlich mit harzigen Massen ab. Nach den weiteren Angaben, die v. Gorup-Besanez über sein „Glycyrrhizin" macht (Löslichkeit in konzentrierter Schwefelsäure mit rotbrauner, in alkalischen Flüssigkeiten mit rotgelber Farbe) kann er auch kein annähernd reines Produkt erhalten haben, da sich das reine Glycyrrhizin in diesen Flüssigkeiten farblos löst. — Es wurde daher auch diese Methode als gleichfalls aussichtslos nicht weiter verfolgt.

Darstellung der sauren Ammoniumverbindung der Glycyrrhizinsäure und Versuche zur Reindarstellung der letzteren aus dem Süßholz selbst.

Unter Zugrundelegung der Angaben der Lehrbücher (im wesentlichen von Schmidt, Lehrb. der pharm. Chemie, II) erfordert diese Arbeit folgende umständliche, oft langwierige und selten glatt verlaufende Operationen:

1. Herstellen des Auszuges mit kaltem Wasser, Abpressen, Absetzenlassen und Filtrieren.

2. Abscheidung der Eiweißstoffe durch Aufkochen des Filtrats 1 und Filtrieren.

3. Abscheidung der rohen Glycyrrhizinsäure durch verdünnte Schwefelsäure und Auswaschen derselben.

4. Darstellung von rohem neutralem glycyrrhizinsaurem Ammonium durch Lösen der Abscheidung 3 in Ammoniak und Verdampfen.

5. Darstellung von gereinigtem saurem glycyrrhizinsaurem Ammonium durch mehrmaliges Umkristallisieren des Präparats 4 aus Essigsäure.

6. Darstellung von reinem saurem glycyrrhizinsaurem Ammonium durch öfteres Umkristallisieren des Präparats 5 aus Alkohol.

7. Darstellung von glycyrrhizinsaurem Blei durch Fällung der Lösung von 6 mit Bleiazetat und erschöpfendes Auswaschen.

8. Darstellung der freien Glycyrrhizinsäure durch Zerlegen des glycyrrhizinsauren Bleis mit Schwefelwasserstoff; Verdampfen des Filtrats.

9. Versuche zur Überführung der erhaltenen amorphen Glycyrrhizinsäure in den kristallisierten Zustand.

Nachstehend sind die bei diesen Operationen gemachten Erfahrungen und die daraus folgenden Abänderungen näher erörtert:

1. Die Herstellung eines Pflanzenstoffauszuges mit kaltem Wasser gehört für gewöhnlich zu den einfachsten Verrichtungen; bei Bereitung gehaltreicherer Süßholzauszüge kommen jedoch oft von vornherein Störungen vor. Die Wurzel schwillt in Wasser — infolge der Eigenschaft der löslichen Glycyrrhizinate, in demselben zunächst aufzuquellen — sehr stark an; die abgepreßte Flüssigkeit setzt die sehr kleinen Stärkekörner nur langsam ab und filtriert schwer; durchgegangene Stärke würde bei dem nachfolgenden Aufkochen aufquellen, das Filtrieren noch mehr verzögern und durch Schwefelsäure zugleich mit dem Glycyrrhizin gefällt werden.

Mitunter, besonders bei niedriger Temperatur, scheidet die Flüssigkeit schon während des Ausziehens oder nach dem Abpressen und während des Filtrierens gelatinöse Massen (wesentlich glycyrrhizinsaures Calcium) ab; zuweilen erstarren derartige Lösungen ganz zu einer Gallerte oder einem kaum absaugbaren Brei. Das Ausziehen, Abpressen und Filtrieren ist daher möglichst rasch bei mittlerer Temperatur vorzunehmen.

2. Bei der Abscheidung der Eiweißstoffe ist die leichte Zersetzbarkeit des Glycyrrhizins beim Erhitzen seiner wässerigen Lösung zu berücksichtigen. Die Koagulation des Eiweißes ist deshalb durch möglichst rasches Erhitzen der Flüssigkeit im Wasserbad oder durch kurzes Aufkochen, in letzterem Falle unter beständigem Rühren, zu bewirken; die erkaltete Flüssigkeit läßt sich alsdann von den reichlich abgeschiedenen Eiweißstoffen gut abfiltrieren. Das meist vorgeschriebene Eindampfen des Filtrats ist aus obigem Grunde gleichfalls nicht zu empfehlen; ein Einkochen oder Abdestillieren unter Minderdruck ist wegen starken Schäumens der Flüssigkeit kaum ausführbar.

3. Zur Abscheidung des Roh-Glycyrrhizins wird daher das Filtrat 2 direkt mit der gleichen Raummenge verdünnter Schwefelsäure (1 : 3) versetzt: Die erst hellgelbe, flockige, dann braune, pflasterartige Abscheidung beginnt, nach 3—4 maligem Abspülen mit Wasser, sich zu lösen und klebrig zu werden, ohne daß die anhängende Schwefelsäure auch nur einigermaßen vollständig entfernt ist.

4. Die Darstellung von rohem glycyrrhizinsaurem Ammonium vollzieht sich leicht durch Lösen des rohen Glycyrrhizins (3) in Ammoniak und Verdampfen; das naturgemäß beigemengt bleibende Ammoniumsulfat setzt jedoch der weiteren Verarbeitung des neutralen zu saurem glycyrrhizinsaurem Ammonium durch seine Schwerlöslichkeit in Essigsäure, starkes Stoßen der siedenden Lösung usw. Schwierigkeiten entgegen. Es wurde daher versucht, das Sulfat vorher aus der ammoniakalischen Lösung durch Baryumhydroxyd abzuscheiden; die hierzu nötige Menge desselben ist jedoch wegen der Schwerlöslichkeit des glycyrrhizinsauren Baryums selbst schwer zu bemessen; es wurde daher die obige ammoniakalische Lösung auf ein bestimmtes Volumen eingestellt und in einem aliquoten Teil der Lösung die Schwefelsäure bestimmt. Diese Bestimmung kann durch Verdampfen, Schmelzen mit Soda-Salpeter usw. oder — für den vorliegenden Zweck hinreichend genau — in der Weise erfolgen, daß man die Lösung mit Salzsäure übersättigt, 1 Stunde lang erhitzt, von dem abgeschiedenen

Roh-Glycyrrhetin abfiltriert, das Filtrat mit Baryumchlorid fällt und das abgeschiedene ausgewaschene Baryumsulfat noch mit heißem Alkohol nachwäscht.

Aus dem Gewichte des Baryumsulfats berechnet man die Menge Baryt, welche zur Ausfällung der Gesamt-Schwefelsäure in dem Hauptfiltrat erforderlich ist, setzt dieselbe in Form von Barytwasser und nötigenfalls noch soviel desselben hinzu, daß nach längerem Digerieren in einem Probefiltrat durch Ammoniumkarbonat überschüssiger Baryt angezeigt wird. Die alsdann gleichfalls mit Ammoniumkarbonat ausgefällte Hauptlösung liefert ein schön orangegelbes Filtrat, das beim Verdampfen matt graugrün wird und schließlich das rohe glycyrrhizinsaure (jetzt sulfatfreie) Ammonium als harte, spröde leberbraune, zu einem hellgrüngelben Pulver zerreibliche, sehr süße Masse hinterläßt. (Ein derartiges Präparat würde schon eher für medizinische und technische Zwecke verwendbar sein und die Bezeichnung „Glycyrrhizinum ammoniacale“ verdienen, als das oben erwähnte lakritzenähnliche, welches kaum noch wirkliches Glycyrrhizin enthält.)

5. Die Darstellung des sauren glycyrrhizinsauren Ammoniums aus dem neutralen Salz erfolgt durch Behandeln desselben mit Essigsäure. Zur Lösung von 1 Teil des sulfatfreien Rohprodukts genügen schon 1—1½ Teile siedender Eisessig, während beim Erhitzen im Wasserbade bedeutend größere Mengen desselben erforderlich sind. Zur Vermeidung erheblicher Verluste durch Platzen der Gefäße wurden je 30 g Essigsäure in kleinen Erlenmeyerkolben vorgewärmt und je 20 g rohes glycyrrhizinsaures Ammonium eingetragen; nach kurzem Aufwallen (auf dem Sandbade) scheidet die tiefbraune Lösung oft schon in der Wärme weiße kristallinische Massen ab und erstarrt beim Erkalten zu einem dicken Kristallbrei, welcher durch Rühren mit einem dicken Stab sich soweit verflüssigt, daß die sirupöse, tief braune Mutterlauge abgesogen und durch kleine Mengen Essigsäure ganz verdrängt werden kann. Die fast weiße Kristallmasse liefert nach nochmaligem Lösen in 4—5 Teilen heißer Essigsäure, Filtrieren usw. das saure Ammoniumsalz in schönen weißen, rhombischen Blättchen.

6. Die endgültige Reinigung des (nach 5 erhaltenen) sauren glycyrrhizinsauren Ammoniums soll durch dreimaliges Umkristallisieren desselben aus Alkohol schlechthin, nach andern aus 90%igem Alkohol erfolgen. Absoluter Alkohol löst erst bei anhaltendem Kochen eine nennenswerte Menge des Salzes; aus dem Filtrate scheidet sich dasselbe jedoch nicht unverändert wieder aus, sondern es bildet sich erst eine wolkige oder milchige, nicht klar filtrierbare Flüssigkeit; erst nach längerem Stehen scheiden sich neben amorpher Substanz rhombische Blättchen ab; die hierbei wahrscheinlich vor sich gehende Zersetzung des sauren Ammoniumsalzes ist unten näher erörtert.

Leichter ist das saure Ammoniumsalz in 80%igem Alkohol löslich, doch ist auch hier längeres Erhitzen der Flüssigkeit zu vermeiden. Es wurde daher ein Teil des Salzes durch gelindes Erwärmen in einem Teil Wasser gelöst, die Lösung mit vier Teilen nahezu siedendem Alkohol gemischt und rasch filtriert; das saure Ammoniumsalz schied sich darauf gleichfalls in rhombischen Blättchen aus; dieselben müssen unter dem Mikroskop vollkommen rein, insbesondere ganz frei von amorpher Substanz erscheinen

und sich in Ammoniak farblos lösen. Auch die Lösung in konzentrierter Schwefelsäure erscheint bei dem ganz reinen Präparat farblos, bei nahezu reinem licht weingelb, während unreinere Präparate sich in beiden Flüssigkeiten mehr oder minder tief orangegelb lösen.

Übrigens scheinen beim Umkristallisieren aus verdünntem Alkohol nicht mehr fremdartige Beimengungen, als durch Essigsäure aus dem Präparat entfernt zu werden, und es führt ein 3—4 maliges Umkristallisieren aus letzterer, zuletzt aus etwa zehn Teilen und unter Filtrieren der heißen Lösung ohne Gefahr der Zersetzung und sicherer zum Ziel; die Essigsäure-Mutterlauge und -Waschflüssigkeit kann zuletzt durch Äther leicht verdrängt werden.

Reines saures glycyrrhizinsaures Ammonium quillt mit wenig kaltem Wasser auf und löst sich erst in viel kaltem Wasser zu einer dicklichen klaren Flüssigkeit; die durch kurzes Erwärmen mit etwa 50—100 Teilen Wasser rasch bereitete Lösung erstarrt beim Erkalten zu einer klaren durchsichtigen Gallerte; bei längerem Erhitzen der wässerigen Lösung findet die schon erwähnte Zersetzung statt, und die Flüssigkeit liefert beim Erkalten eine (wahrscheinlich durch Ausscheidung von Spaltungsprodukten) milchweise trübe und undurchsichtige gelatinöse Masse.

7. Die Darstellung des glycyrrhizinsauren Bleis erfolgt durch Umsetzen des sauren Ammoniumsalzes mit Bleiazetat; bei Anwendung wässeriger Lösungen entstehen mitunter auch hier gelatinöse Abscheidungen; man verwendet daher besser Lösungen der beiden Stoffe in 50%igem Alkohol. Der abgeschiedene weiße Niederschlag ist sehr sorgfältig auszuwaschen, da zurückgehaltenes Ammoniumazetat nach der Zersetzung des Bleisalzes durch Schwefelwasserstoff beim Verdunsten des Filtrats die Rückbildung von Ammoniumglycyrrhizinat veranlassen und einen Stickstoffgehalt des Präparats vortäuschen könnte. Da ein vollkommenes Auswaschen auf dem Filter fast unmöglich erscheint, erfolgt das Waschen am besten nur durch wiederholtes Aufschütteln mit 50%igem Alkohol und Dekantieren, und ist fortzusetzen, bis ein Probefiltrat keine Spur Ammoniak mehr ergibt (Verdampfen mit Salzsäure, Destillation des Rückstandes mit Natronlauge und Kondensation der Dämpfe in Nesslers Reagens).

8. Die Darstellung der freien Glycyrrhizinsäure erfolgt durch Zersetzen des Bleisalzes mit Schwefelwasserstoff; in wässeriger Aufschwemmung bekleiden sich die weißen Partikelchen aber nur oberflächlich mit einer Schicht Schwefelblei; auch genügt die geringe Menge frei gewordener Glycyrrhizinsäure, die Flüssigkeit schleimig und unfiltrierbar zu machen. Ziemlich leicht dagegen erfolgt die Umsetzung in der Aufschwemmung des Bleisalzes in 50%igem Alkohol unter Erwärmen; das farblose Filtrat hinterläßt alsdann beim Verdunsten eine weiße amorphe Masse.

9. Versuche zur Überführung der so erhaltenen amorphen in kristallisierte Glycyrrhizinsäure durch Lösen in Essigsäure, Alkohol, Methylalkohol, Azeton usw. blieben zunächst erfolglos; erst nach langem Stehen dieser Flüssigkeiten zeigten sich mitunter Andeutungen von Kristallbildung. Das Präparat wurde daher in wenig Alkohol gelöst, mit Äther ausgefällt und die Abscheidung gut mit Äther gewaschen. Nach dem Trocknen bildet sie ein rein weißes amorphes Pulver [1]). In kaltem Wasser

[1]) Über die später gelungene Darstellung kristallisierter Glycyrrhizinsäure s. unten.

ist dasselbe kaum löslich und quillt damit nur auf; mit warmem Wasser liefert es schleimige, nur schwach süß schmeckende Lösungen oder Gallerten. Beim Erhitzen im Röhrchen bräunt es sich allmählich und schmilzt endlich unter Zersetzung, ohne daß ein scharfer Schmelzpunkt beobachtet werden konnte.

Bei der Elementaranalyse des so erhaltenen Glycyrrhizins wurden folgende Werte gefunden:

0,2677 g Substanz gaben	0,5744 g	CO_2,	entspr.	0,15665 g C = 59,63 %	Mittel
0,3268 g „ „	0,7092 g	„	„	0,19342 g C = 59,28 „	59,45 %
0,2627 g Substanz gaben	0,1741 g	H_2O	entspr.	0,01934 g H = 7,36 „	Mittel
0,3263 g „ „	0,2201 g	„	„	0,02445 g H = 7,49 „	7,42 %
0,4631 g Substanz gaben	0,0027 g	$(NH_4)_2PtCl_6$,	entspr.	0,00017 g N = 0,037 „	Mittel
0,4051 g „ „	0,0030 g	„	„	0,00019 g N = 0,047 „	0,04 %

Zusammenstellung dieser Ergebnisse im Vergleiche mit der Zusammensetzung des Glycyrrhizins nach v. Gorup-Besanez und Habermann:

	nach v. Gorup-Besanez $C_{24}H_{36}O_9$	nach Habermann $C_{44}H_{63}NO_{18}$	gefunden vom Verfasser	gefunden vom Verfasser unter Vernachlässigung der Spuren Stickstoff	berechnet für $C_{44}H_{60}O_{18}$
Kohlenstoff	61,54 %	59,18 %	59,45 %	59,45 %	60,24 %
Wasserstoff	7,69 „	7,05 „	7,42 „	7,42 „	6,90 „
Stickstoff	—	1,57 „	0,04 „	—	—
Sauerstoff	30,77 „	32,25 „	33,09 „	33,13 „	32,86 „

Bei der Bestimmung des Ammoniaks in dem sauren glycyrrhizinsauren Ammonium wurden gefunden

1. in zweimal aus Essigsäure und einmal aus Alkohol abgeschiedenem Präparat
   a) durch direktes Verdampfen mit Platinchlorid usw. . . . 1,95 % NH_3
   b) nach Zerstören nach Kjeldahl, Destillation mit Natronlauge, dann Bestimmen als Platinsalmiak . . . . . . 1,90 „ „
2. in zweimal aus Essigsäure und zweimal aus Alkohol von 80 % abgeschiedenem Präparat . . . . 1,95 „ „

Das Glycyrrhizin (die freie Glycyrrhizinsäure) hat folgende elementare Zusammensetzung:

nach v. Gorup-Besanez . . . . . . $C_{48}H_{72}O_{18}$
„ Habermann . . . . $C_{44}H_{63}NO_{18}$
„ dem Verfasser (Habermanns Formel minus 1 NH_3) . . . . $C_{44}H_{60}O_{18}$

Das daraus abgeleitete saure glycyrrhizinsaure Ammonium (das Glycyrrhizin als zweiwertige Säure betrachtet) wäre danach

nach von Gorup-Besanez	$C_{48}H_{71}(NH_4)O_{18}$	und enthielte	1,78 % NH_3
„ Habermann	$C_{44}H_{62}(NH_4)NO_{18}$	„ „	1,87 „ „
„ dem Verfasser	$C_{44}H_{59}(NH_4)O_{18}$	„ „	1,90 „ „

Aus dem Vergleiche der bei der Elementaranalyse des Eupatoriumsüßstoffes und des Glycyrrhizins gefundenen Zahlen ergibt sich die vollständige Verschiedenheit der beiden Stoffe hinsichtlich ihrer Zusammensetzung:

Glycyrrhizin(säure) . . . . $C_{44}H_{60}O_{18}$
Eupatoriumsüßstoff . . . . $C_{42}H_{72}O_{21}$

Die sonst schon oben zum Teil erwähnten Unterschiede und anderen Vergleiche im Verhalten der beiden Süßstoffe finden sich in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

	Glyzyrrhizin	Eupatoriumsüßstoff
Äußere Beschaffenheit	Amorphes weißes Pulver.	Weiße Nadeln.
Geschmack	Ballt auf der Zunge zusammen und löst sich nur langsam mit schwach süßem Geschmack.	Löst sich im Speichel leicht und schmeckt stark süß.
Verhalten gegen Wasser	Quillt mit wenig Wasser zu einer dicken Gallerte auf; löst sich erst in viel Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit.	Löst sich schon in wenig Wasser zu einer leicht beweglichen Flüssigkeit.
Verhalten beim Verdunsten mit Ammoniakflüssigkeit	Liefert neutrales, stark süßes glycyrrhizinsaures Ammonium.	Liefert keine neutrale Ammoniumverbindung.
Verhalten des Verdunstungsrückstandes mit Ammoniakflüssigkeit gegen heiße Essigsäure	Liefert kristallisiertes, saures glycyrrhizinsaures Ammonium.	Liefert keine saure Ammoniumverbindung.
Verhalten der wässerigen Lösung (1 : 50) gegen das gleiche Volumen verdünnter Schwefelsäure (1 : 25)	Wird stark gefällt.	Wird nicht gefällt.
Verhalten derselben Lösung beim Kochen mit Schwefelsäure	Das anfangs wieder abgeschiedene Glycyrrhizin liefert langsam ein schwer lösliches, bisher nicht gut kristallisiert erhaltenes Spaltungsprodukt (Glycyrrhetin).	Liefert leicht ein gleichfalls schwer lösliches, gut kristallisierbares Spaltungsprodukt.

Verhalten der Lösungen von 1 Teil Süßstoff in 50 Teilen Alkohol von 25 Gew.-Proz. gegen einen gleichen Raumteil einer 2%igen wässerigen Lösung der nachstehenden Reagenzien.

		Glycyrrhizin	Eupatoriumsüßstoff
Gegen	neutrales Bleiazetat	Starke Fällung	Keine Fällung
„	basisches „	„ „	„ „
„	Kupferazetat	„ „	„ „
„	Quecksilberchlorid	Zuerst keine Fällung; nach 24 Stunden dicke klare Gallerte	„ „
„	Silbernitrat	Starke Fällung	„ „
„	Zinkazetat	„ „	„ „
„	Eisenchlorid	„ „	„ „
„	Aluminiumazetat	„ „	„ „
„	Baryumchlorid	„ „	„ „
„	Baryumhydrat	„ „	„ „
„	Calciumchlorid	„ „	„ „
„	Calciumhydrat	„ „	„ „

Beobachtung über den angeblichen Stickstoffgehalt der freien Glycyrrhizinsäure.

Habermann schrieb der Glycyrrhizinsäure folgende auch in die meisten neueren Lehrbücher übergegangene Zusammensetzung zu . . . . $C_{44}H_{63}NO_{18}$
Die diesseitigen Untersuchungen führten zu der Formel . . . . $C_{44}H_{60}O_{18}$
Differenz H_3N

Letztere Formel ist also gleich der um $1 NH_3$ verringerten Habermannschen Formel und das saure Ammoniumsalz $C_{44}H_{59}(NH_4)O_{18}$ wäre der Habermannschen freien Glycyrrhizinsäure isomer.

Habermann hat hiernach also wahrscheinlich das saure Ammoniumsalz in abweichender Kristallform oder auch ein anderes Ammoniumsalz in den Händen gehabt. Diese Vermutung wird durch folgende Beobachtung gestützt:

Aus den bei der Darstellung des sauren Ammoniumsalzes zurückgebliebenen alkoholischen Mutterlaugen wurden durch Konzentration zunächst noch kleine Mengen dieses Salzes in derselben Kristallform (nur schwach gelblich gefärbt) gewonnen; nach weiterem Abdestillieren blieb die Flüssigkeit sodann erst längere Zeit klar, schied jedoch nach wochenlangem Stehen im verschlossenen Kölbchen „farblose, kugelförmige, aus feinen prismatischen Nadeln bestehende Kristallmassen" ab. Es entsprechen diese somit ganz der Beschreibung, welche Habermann[1]) von seiner freien Glycyrrhizinsäure gibt. Dieselben ergaben, mit schwacher Sodalösung in der Kälte im Röhrchen behandelt, eine deutliche Ammoniakreaktion. Durch Erhitzen von rhomboedrischem saurem glycyrrhizinsaurem Ammonium mit alkoholischem Ammoniak und Konzentrieren wurden ähnliche, nur isolierte, oder oft paarweise gekreuzte kleine Prismen erhalten. In reichlicher Menge bildeten sich dieselben auch durch anhaltendes (18stündiges) Kochen einer Lösung des sauren Ammoniumsalzes in 80%igem Alkohol am Rückflußkühler. Die Bildung einer anderen Ammoniumverbindung aus dem sauren Salze ist vielleicht so zu erklären, daß ein Teil des letzteren beim Kochen in Glycyrrhetin verwandelt wird und das disponibel gewordene Ammoniak mit dem unveränderten sauren (primären) Ammoniumsalz zu dem sekundären oder tertiären Salze zusammentritt. Die genaue Zusammensetzung dieser Verbindung ist im übrigen noch festzustellen.

Es ergab sich ferner, daß schon das rohe, als braune pflasterartige Masse erscheinende Glycyrrhizin nur geringe Mengen Stickstoff enthält, welche noch dazu größtenteils aus der eingeschlossen bleibenden, schwer auswaschbaren Mutterlauge herrühren.

Es wurde daher das Roh-Glycyrrhizin in ausgekochter Natriumkarbonatlösung kalt gelöst, durch Schwefelsäure wieder abgeschieden, nochmals mit verdünnter Schwefelsäure durchknetet und gewaschen; eine neue Prüfung auf Stickstoff ergab, daß der Gehalt an demselben ganz erheblich gesunken war. Nach mehrmaliger Wiederholung dieses Lösens in Natriumkarbonatlösung und Wiederausscheidens durch Schwefelsäure konnte ein zwar nicht ganz, aber nahezu stickstofffreies Produkt erhalten werden.

---

[1]) Ber. d. Chem. Ges. **10** (1877) S. 70; auch Fehling, Neues Handwörterbuch; 3. Bd., 468.

Es ist demnach wahrscheinlich, daß schon das rohe Glycyrrhizin stickstofffrei ausfällt und die hier zuletzt noch gefundenen geringen Mengen Stickstoff fremden Körpern angehören, welche spurenweise mit niedergerissen werden.

Darstellung kristallisierter Glycyrrhizinsäure.

Die oben erwähnte Tatsache, daß das an sich scheinbar beständigste Salz der Glycyrrhizinsäure, das saure glycyrrhizinsaure Ammonium schon beim Kochen seiner alkoholischen Lösung Veränderungen erleidet, ließ vermuten, daß dies auch mit der freien Glycyrrhizinsäure, selbst mit dem in Alkohol immerhin etwas löslichen Bleisalz der Fall sein könnte; es konnten somit in den Niederschlag von glycyrrhizinsaurem Blei fremde Bleiverbindungen — seien es die des Glycyrretins oder anderer Spaltungsprodukte des Glycyrrhizins — gelangen und es konnte somit auch das Endprodukt nach dem Zerlegen des Bleiniederschlages durch Schwefelwasserstoff nicht mehr als reine freie (amorphe) Glycyrrhizinsäure angesprochen werden.

Es wurde daher, von dem sauren Ammoniumsalze ausgehend, noch ein Versuch zur Darstellung der freien Glycyrrhizinsäure ganz auf kaltem Wege durchgeführt: Das nur aus Essigsäure mehrfach umkristallisierte saure Ammoniumsalz wurde kalt in einer reichlichen Menge 50%igen Alkohols gelöst, mit einer Lösung von Bleiazetat in derselben Flüssigkeit ausgefällt, der Niederschlag wie oben zunächst mit 50%igem Alkohol durch Aufschütteln und Dekantieren gewaschen, bis eine Probe des Filtrats, in der oben bei 7. angegebenen Weise geprüft, keine Spur Ammoniak mehr erkennen ließ. Sodann wurde der verdünnte Weingeist in gleicher Weise durch absoluten Alkohol vollkommen verdrängt. Die alkoholische Aufschwemmung des glycyrrhizinsauren Bleis wurde alsdann kalt mit Schwefelwasserstoff unter häufigem Umschütteln gesättigt und diese Behandlung zwei Tage lang zeitweilig wiederholt. Das farblose Filtrat hinterließ nach freiwilligem Verdunsten bei gewöhnlicher Temperatur eine scheinbar amorphe Masse, die sich jedoch nach dem Anrühren mit wenig Alkohol unter dem Mikroskop als aus undurchsichtigen weißen Prismen bestehend erwies; nach nochmaligem Lösen derselben in Alkohol und freiwilligem Verdunstenlassen wurden auch Blättchen beobachtet, so daß die freie Glycyrrhizinsäure in der Tat in den von Tschirch und Cederberg beobachteten beiden Formen kristallisieren kann.

Die Darstellung einer größeren Menge der fraglichen Verbindung auf letztbezeichnetem Wege und eine neue Elementaranalyse derselben konnten, da die Arbeit zum Abschlusse drängte, nicht mehr zu Ende geführt werden; auch ist der Gegenstand durch die Arbeiten von Tschirch und Cederberg inzwischen so erschöpfend behandelt worden, daß neue Versuche wahrscheinlich nur eine Bestätigung der von den letzteren Forschern erzielten Ergebnisse bringen könnten.

Der hier schließlich eingeschlagene Weg zur Darstellung der reinen Glycyrrhizinsäure unterscheidet sich indessen wesentlich von dem von Tschirch und Cederberg befolgten; er erscheint erheblich komplizierter, muß indessen zu einem sicheren Resultate führen, da die hier nachgewiesene Zersetzbarkeit der alkoholischen Glycyrrhizinlösungen beim Kochen vermieden wird; ferner wird die Abscheidung fremder

Stoffe durch Äther usw. ganz umgangen. Jedoch scheinen die verschiedenen Süßholzsorten ganz verschiedene Wege bei der Verarbeitung auf Glycyrrhizin zu bedingen.

Es sei daher das hier befolgte Verfahren zur Darstellung reiner Glycyrrhizinsäure (unter Berücksichtigung der letzten Beobachtungen) nochmals kurz zusammengestellt:

1 Teil russisches geschältes, fein zerschnittenes Süßholz wird mit 5 Teilen Wasser bei 15—20° zwei Tage lang ausgezogen; die abgepreßte, durch Absetzenlassen und Filtrieren geklärte Flüssigkeit wird unter Umrühren möglichst rasch bis zum Gerinnen des Eiweißes erhitzt, nach dem Erkalten filtriert und das Filtrat mit der gleichen Raummenge verdünnter Schwefelsäure (1 + 3) in einem geräumigen Kolben durch kurzes Umschwenken gemischt; von dem nach etwa 12stündiger Ruhe an der Gefäßwandung abgeschiedenen Roh-Glycyrrhizin wird die Flüssigkeit abgegossen, das erstere sodann in gleicher Weise 4—5 mal mit verdünnter Schwefelsäure, darauf mit kleinen Mengen Wasser abgespült, bis dasselbe sich zu färben beginnt. Das rohe, braune, zähteigige Glycyrrhizin wird in überschüssiger Ammoniakflüssigkeit gelöst und die orangegelbe Flüssigkeit mit Wasser auf ein bestimmtes Volumen (z. B. bei Anwendung von 1 kg Süßholz auf 1 Liter) eingestellt. In einem aliquoten Teil dieser Lösung wird der Gehalt an Schwefelsäure bestimmt und die Hauptmenge der Flüssigkeit mit etwas mehr, als der berechneten, zum Ausfällen der Schwefelsäure erforderlichen Menge Baryumhydrat etwa zwei Stunden lang digeriert. Aus dem Filtrat wird der überschüssige Baryt durch Ammoniumkarbonat entfernt und das neue Filtrat zur Trockne verdampft. Der Rückstand (rohes glycyrrhizinsaures Ammonium) wird in 1—1½ Teilen Essigsäure heiß gelöst; das nach dem Erkalten auskristallisierte rohe saure Ammoniumsalz wird nach dem Absaugen und Waschen mit Essigsäure noch 3—4 mal aus diesem Lösungsmittel oder so oft umkristallisiert, bis eine Probe des Produktes sich in konzentrierter Schwefelsäure farblos löst. — 1 Teil desselben wird in etwa 200 Teilen Alkohol von 50% kalt gelöst und mit einer Lösung von neutralem Bleiazetat in demselben Lösungsmittel ausgefällt; der erhaltene Niederschlag wird durch Dekantieren mit 50%igem Alkohol bis zur Entfernung sämtlichen Ammoniumazetats, dann mit absolutem Alkohol bis zur Verdrängung des Wassers gewaschen. Die milchige Flüssigkeit wird dann wiederholt mit Schwefelwasserstoff behandelt, das Filtrat bei gewöhnlicher Temperatur unter Minderdruck verdunstet und der Rückstand aus Alkohol oder Essigsäure umkristallisiert.

Über das Vorkommen von Saccharose im Süßholz.

Schon in den ältesten Mitteilungen über die Bestandteile des Süßholzes ist das Vorkommen von „Zucker" schlechtweg neben dem eigentümlichen Süßstoff des Süßholzes erwähnt; unter Zucker ist dabei wohl meist Traubenzucker (Glykose) verstanden. Auch Tschirch und Cederberg erwähnen in ihrer Abhandlung (S. 109) nur diese Zuckerart. Im Laufe dieser Arbeit tauchte die Vermutung auf, daß beigemengte harzige Bestandteile oder andere in Alkohol lösliche Stoffe bei der Abscheidung der Glycyrrhizinsäure mit zurück blieben und die etwaige Kristallisationsfähigkeit derselben beeinflußten.

Es wurde daher gepulvertes oder fein zerschnittenes Süßholz wiederholt (5—6 mal)

mit großen Mengen Alkohol ausgekocht[1]). Die ersten heiß filtrierten Auszüge schieden beim Erkalten rotbraune, harzig erscheinende, jedoch in Wasser mit fadem Geschmack lösliche Substanzen in reichlicherer Menge, die letzten nur noch wenig davon ab. In den klaren Filtraten bildeten sich nach längerem Stehen zierliche rhomboedrische, größere und kleinere Kristalle, die bei den ersten Mutterlaugen mitunter noch in die obige rotbraune, zähe Masse eingebettet waren. Bei den letzten Auszügen waren sie ganz frei davon. Beim Konzentrieren der Mutterlaugen durch Destillation schied sich oft schon aus der heißen Flüssigkeit ein feines weißes Kristallmehl ab und konnte durch wiederholtes Abspülen mit heißem Alkohol ohne Anwendung eines Filters leicht von jeder Spur fremder Bestandteile befreit werden. Aus heißem absolutem, leichter aus 80%igem Alkohol ließ sich die Substanz gut umkristallisieren. Dieselbe schmeckt süß, ist in Wasser leicht löslich, verkohlt beim Erhitzen unter Aufblähen und verbrennt ohne Rückstand. Die wässerige Lösung wird durch Blei-, Kupfer- und andere Metallsalzlösungen nicht gefällt, reduziert Fehlingsche Lösung direkt nicht, wohl aber nach vorangegangenem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure und dann sehr stark. Sie ist frei von Stickstoff, konnte also nicht das etwa vermutete, im Süßholz mit vorkommende Asparagin sein; bei der Polarisation[2]) zeigte sie für $[\alpha]$ D 0,70, korrig. 0,67 Rechtsdrehung, so daß sie als Rohrzucker anzusehen ist.

Derselbe kann aus dem Süßholz in reichlicher Menge und bedeutend leichter als Glycyrrhizin gewonnen werden.

---

[1]) Die Glycyrrhizinsäureverbindungen des Süßholzes bleiben dabei im wesentlichen ungelöst, im übrigen ließen sich dieselben aus so behandeltem Süßholz nachher auch durch viel Wasser nur schwer ausziehen, da dabei ein dicker, kaum abpreßbarer Brei entstand.

[2]) Die polarimetrischen Bestimmungen sind in dankenswerter Weise von den Herren Dr. Borries und Dr. Lange ausgeführt worden.

Eine neue Tauchelektrode.

Von

Dr. M. Pleißner,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Die Bestimmung des elektrischen Leitvermögens leistet außer zur Kontrolle[1]) der gleichmäßigen Zusammensetzung natürlicher Wässer auch zur raschen Feststellung der Identität eines Wassers oder zur Entdeckung von Unterschieden in der Zusammensetzung des Wassers an verschiedenen Stellen eines Wasserbeckens oder eines Wasserlaufes häufig wertvolle Dienste. Ist z. B. die Aufgabe gestellt, an einem längeren Wasserlaufe die von dem Flußwasser beeinflußten Brunnen herauszufinden, so geschieht dies, unter der Voraussetzung allerdings, daß Grundwasser und Flußwasser in ihrer Zusammensetzung voneinander abweichen, am schnellsten durch die ambulante Bestimmung des elektrischen Leitvermögens des Wassers an den verschiedenen in Frage kommenden Stellen. Die Apparate zu der von F. Kohlrausch angegebenen Methode der Bestimmung des elektrischen Leitvermögens mit Hilfe von Wechselströmen lassen sich mit Leichtigkeit in einen kleinen Kasten einbauen. Der im Hygienischen

---

[1]) E. Reichert, Anwendung des elektrolytischen Leitungsvermögens zu quantitativen Bestimmungen. Zeitschr. f. analyt. Chem. **28**, 1 (1889). — W. Lehnert, Über die Anwendbarkeit der elektrischen Leitfähigkeit bei der Wasseruntersuchung usw. Dissertation, Erlangen 1897. — H. Koeppe, Die physikalisch-chemische Analyse der Mineralwässer. Archiv f. Balneoth. und Hydroth. 1897, H. 8; Referat: Hygienische Rundschau 1899, S. 969. — H. Koeppe, Reines Wasser, seine Giftwirkung und sein Vorkommen in der Natur. D. med. Wochenschrift **24**, 624 (1898). — Th. Müller, Sur la variation de composition des eaux minérales et des eaux de source décelée à l'aide de la conductibilité électrique. Compt. rend. **132**, 1046 (1901). — Ed. Jmbeaux, l'alimentation en eau et l'assainissement des villes. Paris 1902, S. 269. — M. Pleißner, Brunnenbeaufsichtigung städtischer Wasserleitungen. Apothekerzeitung **16**, **454** (1901). — M. Pleißner, Über das elektrische Leitungsvermögen natürlicher Wässer. Pharmac. Centralhalle **43**, 143 (1902). — F. Schoofs, Die elektrische Leitfähigkeit der natürlichen Wässer. La technologie sanitaire vom 15. 4. 1902, S. 429; Referat: Journal für Gasbel. und Wasserversorgung (1902) 513. — F. Schoofs, Anwendung der Elektrizität zur Untersuchung von Trinkwasser, La technologie sanitaire vom 1. 7. 1902, S. 559; Referat: Journal für Gasbel. und Wasserversorgung (1902) 531. — M. A. Guillerd, Emploi de la conductibilité électrique dans la surveillance des eaux de sources. Revue d'Hygiène **26**, 961 (1904). — Dienert, Des méthodes employées pour surveiller les eaux destinées à l'alimentation. Annales de l'Institut Pasteur **19**, 541 (1905). — G. Rupp, Über quantitative Bestimmungen in Nahrungsmitteln mittels des elektrischen Leitvermögens. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel **10**, 37 (1905). — Negreanu, Die spezifischen Widerstände der Mineralwässer. Referat: Chem. Zentralbl. 1906, I, 1458. — Negreanu, Die elektrische Widerstandskraft betrachtet als Mittel zur Unterscheidung von Trinkwässern. Ref.: Chem. Zentralblatt 1907, I 2, 1350.

Laboratorium des Gesundheitsamts benutzte Kasten hat eine Grundfläche von 21 × 36,5 cm, bei einer Höhe von 19 cm, und wiegt einschließlich aller erforderlichen Apparate ungefähr **6 kg**. Der Kasten enthält die üblichen Laboratoriumsapparate, nämlich

1. zwei Trockenelemente,
2. einen kleinen Einschalter,
3. ein Mückentoninduktorium nach Ostwald,
4. eine Walzenbrücke nach Kohlrausch,
5. einen kleinen Widerstandskasten mit Widerständen von 10, 100 und 1000 Ohm,
6. ein Hörtelephon in Dosenform und Antiphon.

Hierzu kommen noch:

7. eine Tauchelektrode mit $1^1/_2$ m langem Kabel,
8. ein in $^1/_{10}$ Grade geteiltes Thermometer, und
9. ein kleiner Eimer aus Emaille oder Porzellan.

Die Tauchelektrode kann zwar direkt in den Flußlauf oder den Brunnen eingehängt werden, häufig jedoch ist dieses Verfahren nicht anwendbar, man schöpft dann das Wasser mit dem kleinen Eimer und mißt hierin das Leitvermögen.

In den Werken von Kohlrausch [1]) und Ostwald [2]) finden sich wohl mehrere Tauchelektroden aufgeführt, sie erschienen aber für den genannten Zweck nicht geeignet und es wurde daher durch eine Neukonstruktion versucht, den Anforderungen gerecht zu werden, die man an Apparate für ambulante Messungen stellen muß: Widerstandsfähigkeit gegen Stoß und Erschütterungen, Möglichkeit leichter Reinhaltung und Säuberung. Die nach diesen Gesichtspunkten entworfene Tauchelektrode wurde von der Firma Bleckmann und Burger, Berlin N 24, Auguststraße 3a, angefertigt.

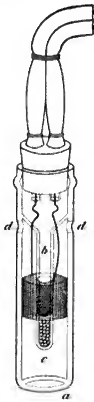
Zur Messung von natürlichen Wässern, die einen durchschnittlichen spezifischen Widerstand von 1000 Ohm oder ein spezifisches Leitvermögen von 1×10^{-3} besitzen, kommt als Elektrodenmaterial in erster Linie blankes oder schwach mit Platinmohr überzogenes Platin in Frage. Die wesentlichste Bedingung für gleichmäßige und richtige Ergebnisse bei Widerstandsmessungen besteht bekanntlich darin, daß die beiden Elektrodenflächen sich in völlig unverrückbarer Entfernung voneinander befinden, sodaß die Kapazität des Widerstandsgefäßes unter keinen Umständen eine Änderung erleiden kann. Die gewöhnlich hierzu verwendeten Mittel, die Elektroden an einzelnen Stellen an Glasröhren oder Glasstäben zu befestigen, waren für den vorliegenden Zweck — wegen der stärkeren mechanischen Beanspruchung des Apparates — ungenügend, und es erwies sich als geboten, die Elektroden in ihrer ganzen Oberfläche fest mit einem starren Körper, am besten Glas, zu verbinden. Platinblech läßt sich indessen auch an Jenaer Geräteglas nicht vollkommen lückenlos anlegen, Platindraht dagegen läßt sich gut mit dieser Glassorte verschmelzen. Die Elektroden wurden daher aus Platindrahtnetz gebildet und dieses durch teilweises Einschmelzen starr auf einer Unterlage von Jenaer Geräteglas befestigt.

---

[1]) F. Kohlrausch und L. Holborn, Das Leitvermögen der Elektrolyte, Leipzig 1898.

[2]) W. Ostwald und R. Luther, Hand- und Hülfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen, Leipzig 1902.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, besteht die Tauchelektrode aus einer weiten, unten offenen und oben mit einem Kautschukstopfen verschlossenen Glasröhre a. In diese Glasröhre ist eine zweite engere Glasröhre b derartig eingesetzt, daß von ihr der Hohlraum c abgetrennt wird und sie selbst mit ihrem zugeschmolzenen Teile frei in den Hohlraum zu hängen kommt. Dieser Teil der Röhre b ist mit Schrot gefüllt, um den Apparat zu beschweren und ihm eine sichere Stellung beim Eintauchen zu geben. Der Hohlraum c füllt sich beim Eintauchen des Apparates mit der zu messenden Flüssigkeit, wobei die Luft aus den Löchern bei d entweicht. Ungefähr in halber Höhe des Hohlraums c sind am äußeren Glasrohr an der Innenwand und am inneren Glasrohr an der Außenwand, einander gegenüber, zwei Zylinder aus feinmaschigem Platindrahtnetz so eingeschmolzen, daß die einzelnen Drähte der Netze zur Hälfte in die Glasmasse eingebettet sind. Als Elektroden stehen sich also zwei ineinander gestellte Drahtnetzzylinder aus Platin gegenüber. Beide Drahtnetzzylinder sind durch starke Platindrähte mit mehrdrähtigen Leitungsschnuren verbunden. Die Drähte gehen aus dem Hohlraum c durch die Wandungen der Glasröhre b, mit denen sie verschmolzen sind, zu den Bohrungen des Kautschukstopfens.



Handelt es sich bei den Untersuchungen um Wasser mit einem spezifischen Widerstand von weniger als 2000 Ohm, so empfiehlt es sich, die Elektroden zu platinieren. Die Platinierung der Elektroden geschieht nach Lummer u. Kurlbaum in bekannter Weise, indem der Apparat in eine mit Bleiacetat versetzte Platinchloridlösung eingetaucht und ein schwacher elektrischer Strom unter zeitweiser Kommutation hindurchgeleitet wird. Man kann sich mit Hilfe der so geschwärzten Drähte von der sorgsamen Arbeit des Glasbläsers überzeugen. Die eine Hälfte des Drahtes muß schwarz und die im Glas eingebettete Hälfte muß metallisch glänzend weiß sein.

Die Abmessungen der Platindrahtnetze [1]) und ihr gegenseitiger Abstand sind so gewählt worden, daß die Widerstandskapazität des Apparates ungefähr 0,05 beträgt. Auf dieser Grundlage und unter der Annahme eines mittleren spezifischen Widerstandes der natürlichen Fluß- und Brunnenwässer von 1000 Ohm berechnet sich der zu messende Widerstand auf $1000 \times 0{,}05 = 50$ Ohm.

Beim Bau des Apparates ist ferner zu berücksichtigen, daß die Drahtnetze genügend weit von dem unteren offenen Ende des Glasrohrs entfernt sein müssen, und daß dieses Ende etwas verengt sein muß. Beide Maßregeln bezwecken, die Widerstandsmessung unabhängig davon zu machen, ob der Apparat in ein großes oder kleines Volum des zu prüfenden Wassers eingetaucht wird. Denn, wenn die Möglichkeit be-

[1]) Das größere Platindrahtnetz in der äußeren Glasröhre besitzt eine Oberfläche von etwa $16\ \mathrm{mm} \times 63\ \mathrm{mm}$, das kleinere der inneren Glasröhre eine solche von etwa $16\ \mathrm{mm} \times 30\ \mathrm{mm}$. Die Drahtnetze sind in einem Abstand von 5,5 mm befestigt. Die Drahtnetze haben 100 Maschen auf 1 qcm und der Durchmesser der einzelnen Drähte ist etwa 0,3 mm.

steht, daß sich Stromfäden von den Elektroden aus auch außerhalb des Apparates im Medium verzweigen können, so wird die Kapazität des Apparates [1]) mit dem Volum des Mediums sich verändern, oder bei Annahme einer konstanten Kapazität wird die Messung vom Volum abhängig sein.

Über den Einfluß des Volums des Mediums auf die Größe des Widerstands bei der Verwendung von freistehenden Elektroden wird in der nächsten Zeit im Anschluß an eine das Leitvermögen natürlicher Wässer betreffende Arbeit ausführlich Mitteilung gemacht werden. Diese Arbeit soll über Versuche berichten, die Kontrolle der Wasserzusammensetzung mit Hilfe eines das Leitvermögen selbsttätig registrierenden Apparates fortlaufend auszuüben.

Die Unabhängigkeit des Apparates von dem Volum des ihn umgebenden Mediums wird am besten durch den Versuch nachgewiesen. Zu diesem Zwecke wurden einerseits Messungen in einem kleinen Becherglas, das gerade die Einführung und die Füllung der Tauchelektrode gestattete, und andererseits in einem großen Faß von 160 l Inhalt ausgeführt.

Als Versuchsflüssigkeiten dienten Auflösungen von Kaliumchlorid in Wasser der Berliner Leitung:

a) ungefähr 0,008 n. KCl, Temperatur 15,1°, gefunden im Becherglas von 100 ccm Inhalt 38,12 Ohm,
im Faß von 160 l Inhalt 38,09 Ohm;
b) „ 0,010 „ „ , „ 16,5°, „ „ Becherglas von 100 ccm Inhalt 27,01 Ohm,
im Faß von 160 l Inhalt 27,07 Ohm;
c) „ 0,020 „ „ , „ 16,8°, „ „ Becherglas von 100 ccm Inhalt 19,93 Ohm,
im Faß von 160 l Inhalt 19,89 Ohm.

Die gefundenen Abweichungen fallen innerhalb der Versuchsfehler. Die Stromfäden, die sich außerhalb des Apparates entwickeln, können vernachlässigt werden.

Es können nun auch Fälle eintreten, die es erwünscht erscheinen lassen, Brunnen und Wasserläufe nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in der Tiefe zu untersuchen. Man wird dann so verfahren, daß man entweder das Wasser mittels besonderer Entnahmeapparate aus der entsprechenden Tiefe holt und oben untersucht, oder die Tauchelektrode soweit wie nötig in das Wasser versenkt und nun mißt. Zur Ausführung des zweiten Verfahrens sind die $1^1/_2$ m langen Leitungskabel mit Gummischläuchen überzogen worden, um sie sicher vor Benetzung beim Eintauchen zu bewahren. Die Tauchelektrode, tief in eine Flüssigkeit eingesenkt, steht unter einem höheren Druck als an der Oberfläche, da zum atmosphärischen Druck das Gewicht der überstehenden Flüssigkeitssäule hinzukommt. Es war daher zu untersuchen, inwieweit sich diese Druckvermehrung, bei den in Frage kommenden Verhältnissen, auf die elektrische Messung bemerkbar macht. Zur Beantwortung dieser Frage wurde die Tauchelektrode erst flach in die Flüssigkeit eingetaucht und dann 80 cm versenkt. In beiden Lagen wurde der Leitungswiderstand bestimmt.

A. Versuchsflüssigkeit war ungefähr 0,02 n. KCl. Temperatur 17°.
Tauchelektrode flach eingetaucht, gefunden 19,85 Ohm Widerstand
„ 80 cm tief versenkt, „ 19,89 „ „

B. Versuchsflüssigkeit war ein natürliches Flußwasser. Temperatur 18°.
Tauchelektrode flach eingetaucht, gefunden 37,26 Ohm Widerstand
„ 80 cm tief versenkt, „ 37,18 „ „

---

[1]) F. Kohlrausch, Wiedem. Annalen der Physik 26, 181 (1885).

Auch bei diesen Versuchen bewegen sich die gefundenen Abweichungen der Messungen innerhalb der Versuchsfehler und konnte ein Einfluß des Druckes, wenigstens innnerhalb der gesteckten Grenzen, nicht beobachtet werden.

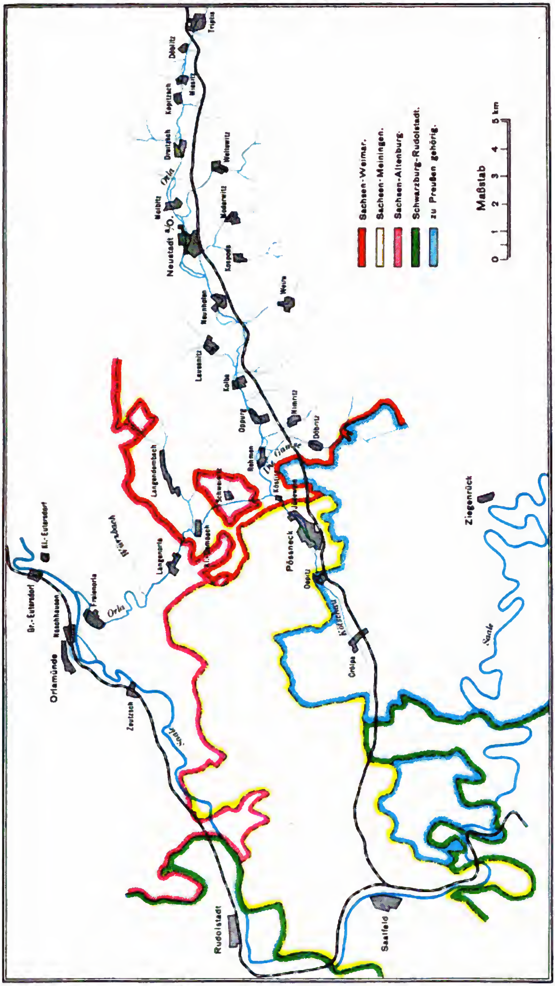
Nach den Versuchen scheint die Stellung der beschriebenen Tauchelektrode in dem zu messenden Medium ohne Einfluß auf das Resultat der Messung des elektrischen Leitvermögens zu sein. Es wurde daher bei den ferneren Messungen keine Rücksicht auf die Stellung der Tauchelektrode in der Flüssigkeit genommen, es wurde lediglich darauf geachtet, daß sie in die Flüssigkeit vollkommen eingetaucht war und daß sich in dem für die Messung bestimmten kleinen Hohlraum keine Luftblasen mehr befanden.

Wie bei allen elektrischen Leitfähigkeitsmessungen ist auch bei der Bestimmung des Leitvermögens natürlicher Wässer eine genaue Messung der Temperatur bis auf $^1/_{10}{}^0$ erforderlich. Die Temperaturkoeffizienten des Leitvermögens von Fluß- und Brunnenwässern liegen, wenn es sich nicht um solche mit ganz abnorm hohem oder niedrigem Salzgehalt handelt, wie ich gefunden habe, nahe bei 0,023, d. h. wenn das Leitvermögen z. B. bei 18^0 zu $\varkappa_{18}$ gefunden wurde, so beträgt es bei t^0 ungefähr $\varkappa_{18}\,[1 + 0{,}023\,(t-18)]$. Man kann zur Erlangung von Vergleichszahlen sich dieser Zahl bedienen und mit ihrer Hilfe die durch den Versuch bei einer beliebigen Temperatur gefundenen Werte auf solche für eine als Normale angenommene Temperatur umrechnen. Die Werte werden umso richtiger sein, je näher die Versuchstemperatur der Normaltemperatur liegt.

Der Fehler, mit dem bei den Bestimmungen des spezifischen Leitvermögens von Salzlösungen gerechnet werden muß, beträgt bei sorgfältigem Arbeiten mit den üblichen Apparaten im Laboratorium $\pm\,0{,}5\,\%$. Dieselbe Genauigkeit kann auch auf der Reise mit der geschilderten Apparatur bei der Bestimmung des Leitvermögens von natürlichen Wässern erreicht werden.

Ende des 2. Heftes.

Abgeschlossen am 18. April 1908.



Verlag von Julius Springer in Berlin. Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig

Technik und Methodik des biologischen Verfahrens zum Nachweis von Pferdefleisch.

Von

Prof. Dr. Uhlenhuth,
Geh. Regierungsrat und Direktor im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

Dr. med. Weidanz,
wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

und

Dr. rer. nat. Wedemann,
wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Die Entdeckung der Präzipitine (Kraus, Tsistowitsch und Bordet) hat Uhlenhuth praktisch zu verwerten gesucht, indem er auf Grund eingehender Untersuchungen eine Methode ausarbeitete, die es ermöglichte, Menschen- und Tierblut mit Sicherheit zu unterscheiden. Unabhängig von Uhlenhuth führten die Arbeiten von Wassermann und Schütze zu demselben Ergebnis. Das Verfahren hat im In- und Auslande bereits allgemeinen Eingang gefunden und ist insbesondere in der gerichtsärztlichen Praxis eingeführt. Die strenge Spezifität der biologischen Reaktion legte den Gedanken nahe, diese Methode auch auf die Erkennung und Unterscheidung der verschiedenen Fleischsorten auszudehnen und für die Fleischbeschau und Nahrungsmittelprüfung nutzbar zu machen.

Durch umfangreiche Untersuchungen konnte Uhlenhuth zeigen, daß auch bei den verschiedensten jahrelang angetrocknet gewesenen Organen (Leber, Milz, Nieren, Fleisch) die Reaktion noch positiv ausfiel, und daß somit die Herkunft dieser Organe von einer bestimmten Tierart sicher ermittelt werden konnte. Diese wichtige Tatsache war der Ausgangspunkt für die Ausarbeitung einer Methode zur Unterscheidung der verschiedensten Fleischsorten.

Die weiteren in dieser Richtung ausgeführten Versuche zeigten in Übereinstimmung mit den bei der Differenzierung der verschiedenen Blutarten festgestellten Tatsachen, daß die Reaktion streng spezifisch war, d. h. daß das Blutserum eines z. B. mit Schweineblut vorbehandelten Kaninchens nur in einem Schweinefleischauszuge, eines mit Katzenfleisch vorbehandelten Kaninchens nur in einem Auszug von Katzenfleisch einen Niederschlag erzeugte. Uhlenhuth konnte dann weiterhin spezifische Sera für den Hammel- und Pferdefleischnachweis herstellen, wobei er auf die eventuellen Verwandtschaftsreaktionen zwischen Pferde- und Eselfleisch, sowie zwischen Hammel-, Ziegen- und Rindfleisch hinwies. Es wurde die Bedeutung der Methode für die Untersuchung von Hackfleisch auf Beimengungen von Pferde-,

Hunde- und Katzenfleisch ausführlich erörtert. Ferner wurde die für die Fleischbeschau wichtige Tatsache festgestellt, daß die spezifische Reaktion sich auch bei geräuchertem und gepökeltem Fleische anwenden läßt. So konnte die Herkunft selbst jahrealter geräucherter Pferde- und Schweineschinken mit Sicherheit ermittelt werden. Ebenso gelang es ihm, durch die spezifische Reaktion die Herkunft von Pferde- und sonstigen Würsten festzustellen, falls nicht die reaktionsfähigen Eiweißkörper, wie bei der Leberwurst, durch Kochen zerstört waren. Diese Untersuchungsmethode für Fleisch und Fleischwaren, wie sie von Uhlenhuth und Jess ausgearbeitet worden ist, fand durch weitere Arbeiten von Piorkowski, Nötel, Miessner und Herbst, von Riegler, Groening, Ruppin, W. A. Schmidt, Schütze, Ostertag, Weidanz u. a. volle Anerkennung und Bestätigung. Sie ist auch in die umgearbeiteten Ausführungsbestimmungen zum Fleischbeschaugesetz (Zentralbl. f. d. Deutsche Reich 1908, Seite 59) aufgenommen wurden.

Im § 16 der Anlage a dieser Ausführungsbestimmungen ist das biologische Verfahren wie folgt, vorgeschrieben:

„Beim Vorliegen des Verdachtes verbotswidriger Einfuhr von zubereitetem Einhuferfleisch ist die biologische Untersuchung auszuführen. Sofern die Untersuchung, z. B. bei ungeeigneter Beschaffenheit des Materials nicht zu einem entscheidenden Ergebnisse führt, ist die chemische Untersuchung (Anlage d zu den Ausführungsbestimmungen D, Erster Abschnitt unter I) vorzunehmen.“

In Zukunft ist also die biologische Methode in erster Linie anzuwenden.

Die Handhabung und die richtige Beurteilung der Ergebnisse des biologischen Verfahrens erfordert eine gewisse Übung und Erfahrung, so daß der Sachverständige Gelegenheit nehmen muß, sich in einem besonderen Kursus an geeigneter Stelle mit den Einzelheiten der Methode vertraut zu machen.

Die folgenden Ausführungen sollen eine Anweisung geben, wie die biologischen Fleischuntersuchungen stattzufinden haben und wie sich die dabei eventuell auftretenden Schwierigkeiten am besten vermeiden lassen. Wir halten uns bei dieser Besprechung im wesentlichen an die von Uhlenhuth und Beumer für die forensische Blutdifferenzierung gegebenen technischen Vorschriften.

Ehe der Sachverständige die Verarbeitung des Untersuchungsmaterials für die biologische Methode in Angriff nimmt, muß er sich vergewissern, daß ihm ein brauchbares spezifisch wirkendes Antiserum zur Verfügung steht. Da die Gewinnung derartiger Antisera verhältnismäßig schwierig ist, so wird der Sachverständige das Serum von bewährten Herstellungszentren zu beziehen haben. Wenngleich also er selbst mit der Herstellung des Antiserums in der Regel nicht befaßt sein wird, so dürfte es immerhin von Interesse sein, zu wissen, in welcher Weise solches Serum gewonnen wird.

Gewinnung des Antiserums.

Das Tier, welches sich für die Gewinnung von spezifischen Seris am geeignetsten erwiesen hat, ist das Kaninchen[1]). Die Versuche mit größeren Tieren, z. B. Ziegen,

[1]) Auch Meerschweinchen sind für die Gewinnung von Antiserum ungeeignet. Uhlenhuth sah selbst nach langdauernder Vorbehandlung keine oder nur ganz schwache Präzipitine.

Schafen, Hunden, Rindern usw. haben bisher zu keinen befriedigenden Resultaten geführt (Uhlenhuth, Wassérmann). Die Kaninchen werden mit Pferdeeiweiß vorbehandelt. Da man Pferdefleischeiweiß nachweisen will, so ist von vornherein die Einspritzung von Fleischsaft am rationellsten. Den Saft stéllt man sich zweckmäßig durch Auspressen von kleinen aus der Mitte der Fleischmasse gewonnenen Fleischstückchen durch ein gut angefeuchtetes ausgekochtes Koliertuch in einer sterilisierten Fleischpresse her. Der Fleischpreßsaft muß dann vor der Injektion durch Berkefeldsche Kerzen filtriert werden; denn nach Einspritzung von unfiltriertem Fleischsaft gehen die Tiere meist an Infektionen zugrunde (Schmidt). Man kann aber auch in der Weise verfahren, daß man fein geschabtes Fleisch mit dem gleichen Quantum steriler 0,85%iger Kochsalzlösung mehrere Stunden auslaugen läßt und das Gemisch durch ein gut durchfeuchtetes ausgekochtes Koliertuch hindurchpreßt. Will man sich für die weiteren Einspritzungen die Fleischeiweißlösungen aufbewahren, so versetzt man sie zweckmäßig mit kleinen Mengen von Chloroform, das man vor der Einspritzung der Tiere durch leichtes Erwärmen verdunsten läßt. Am besten ist es jedoch, für jede Einspritzung eine frische Fleischlösung herzustellen.

Am bequemsten und in allen Fällen ausreichend ist nach unseren Erfahrungen die Vorbehandlung der Tiere mit defibriniertem Pferdeblut oder Pferdeserum. Es hat das gleichzeitig den Vorteil, daß man die so gewonnenen Antisera auch zum forensischen Blutnachweis verwenden kann. Das Pferdeserum hat seinerseits vor dem defibrinierten Blut manche Vorzüge; seine Gewinnung ist einfacher, auch kann man das Serum bequem durch bakteriendichte Filter filtrieren und als Vorrat für weitere Einspritzungen steril erhalten. Wir heben das filtrierte Serum in zugeschmolzenen Reagensgläschen (à 3 ccm = 1 Injektionsdosis) auf. Außerdem ist die intravenöse Einspritzung von Serum — die wir in jedem Falle vorziehen — weniger gefährlich als die von Blut wegen der nach der letzteren in verstärktem Maße auftretenden, bei weiteren Einspritzungen sehr störend, ja gefährlich wirkenden Hämolysinbildung. Pferdeserum ist, wie Uhlenhuth feststellte (Zeitschr. f. Hygiene 1897) im allgemeinen wenig giftig für Kaninchen, man kann bei erstmaliger Injektion intravenös große Dosen (20, 40—80 ccm) einspritzen, im Gegensatz dazu gehen Kaninchen nach intravenöser Einspritzung anderer Sera (Rind, Schweine, Mensch) in Dosen von 5—10 ccm akut zugrunde. Die Gewinnung des Pferdeblutes erfolgt am besten durch Einstechen eines sterilen Troikarts in die Vena jugularis, nach dem diese durch einen unterhalb der Einstichstelle um den Hals gelegten Strick zur Anschwellung gebracht ist. Das Blut wird dann, nachdem man das erste hat abfließen lassen, unter Beobachtung aseptischer

---

Er stellte aber bei seinen Versuchen fest, daß nach wiederholten subkutanen Einspritzungen von Rinderserum (5,0 ccm) scharlachähnliche Exantheme auftreten, die als Überempfindlichkeit zu deuten sind. Diese letzteren Beobachtungen stammen bereits aus dem Jahre 1900 und wurden 1904 auf der Naturforscher-Versammlung zu Breslau mitgeteilt (Diskussion zu H. Pfeiffers Vortrag, s. auch Deutsche med. Wochenschenschr. 1905 Vereinsbeilage). Auch das Auftreten von Nekrosen nach Einspritzung verschiedener Sera wurde von Uhlenhuth 1897 (Zeitschrift f. Hygiene) bei Meerschweinchen zuerst beobachtet (s. auch Deutsch. med. Wochenschrift 1905) Gegen diese nekrotisierenden Substanzen konnte er immunisieren. Pferdeserum, Eselserum und Meerschweinchenserum machten bei Meerschweinchen keine Nekrosen.

Kautelen in einem großen sterilen Glaszylinder (zu 500 ccm) aufgefangen. Es bleibt zunächst bei gewöhnlicher Zimmertemperatur einige Stunden stehen und wird dann in den Eisschrank gestellt. Nachdem das Serum sich abgesetzt hat, wird es mit einer sterilisierten Pipette abgehoben und in sterile Reagensgläser gefüllt. Will man das in dem Zylinder zurückbleibende Blut möglichst ausnutzen, so kann man den Blutkuchen mit einem sterilen Gewicht beschweren (Wassermann). Auf diese Weise ist es uns jedesmal leicht gelungen, von 500 ccm Blut etwa 300 ccm Serum zu erhalten.

Nachdem man auf diese Weise das Material zur Einspritzung gesammelt hat, wird mit der Vorbehandlung der Tiere begonnen. Man kann subkutan, intraperitoneal oder auch intravenös injizieren. Wir bedienen uns — wie gesagt — vorzugsweise der intravenösen Methode. Sie ist besonders dann zu empfehlen, wenn das Injektionsmaterial ausnahmsweise nicht völlig keimfrei sein sollte, da in solchen Fällen die betr. Bakterien in der Blutbahn meist zugrunde gehen, während bei subkutaner oder intraperitonealer Einspritzung die Versuchstiere mehr oder weniger geschädigt werden. Die Tiere werden in gleichen Intervallen am besten jeden fünften Tag mit 2—3 ccm Pferdeserum intravenös gespritzt. Erforderlich ist, daß man mehrere Tiere (5—6) gleichzeitig vorbehandelt, da die Kaninchen bezüglich der Präzipitinbildung starke individuelle Schwankungen zeigen. Um festzustellen, wann die Kaninchen ein für die Praxis brauchbares Serum liefern, ist es notwendig, in gewissen Zeitabschnitten ihr Blut auf seinen Präzipitingehalt zu untersuchen. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, von der dritten Injektion ab eine Probeblutentnahme vorzunehmen und zwar muß diese in dem Augenblick stattfinden, in welchem der Tierkörper auf dem Höhepunkt der Präzipitinbildung steht; es ist das 5—6 Tage nach der letzten Einspritzung der Fall. Für diese Probeuntersuchung werden etwa 3 ccm Blut der Ohrvene entnommen und in einem sterilen Reagensglas aufgefangen. Das abgeschiedene Antiserum wird in ein spitzes Zentrifugenröhrchen übergegossen und zentrifugiert; es kann dann, falls es absolut klar ist und nicht opalesziert, auf seinen Präzipitingehalt untersucht werden. Die Prüfung geschieht in der Weise, daß man sich eine 1 : 1000 mit 0,85%iger Kochsalzlösung verdünnte Pferdeserumlösung herstellt und zu 1 ccm Lösung 0,1 ccm Antiserum ohne Schütteln zusetzt. Tritt sofort oder spätestens nach 1 bis 2 Minuten eine spezifische am Boden des Röhrchens beginnende Trübung auf, so entspricht das Antiserum den Anforderungen. Diese Prüfung des Serums ist nur eine orientierende, die eingehende Titerbestimmung, die unten ausführlich beschrieben wird, kann erst vorgenommen werden nach der Filtration und Abfüllen des Serums in die einzelnen Röhrchen. Hat man in der angegebenen Weise mehrere Tiere gleichmäßig vorbehandelt, so zeigt sich bei einer zu derselben Zeit vorgenommenen Serumprüfung, daß vielleicht von sechs Tieren nur eins nach der dritten Injektion ein brauchbares Serum liefert, während bei einem anderen die verlangte Wirkung noch nicht ganz vorhanden, bei einem dritten die Reaktion nur eben angedeutet ist und bei den übrigen überhaupt noch keine Präzipitinbildung festgestellt werden kann. Bei der notwendigen Weiterbehandlung der fünf Tiere erweist es sich als praktisch, dieselbe zu individualisieren. Die Tiere, deren Serum eine deutliche Präzipitinreaktion zeigte, werden am besten intraperitoneal oder subkutan weiter injiziert; denn während die nicht-

liefernden Tiere selbst bei der vierten oder fünften intravenösen Injektion im allgemeinen 3 bis je 5 ccm Serum intravenös vertragen, gehen die anderen bisweilen bei dieser Einspritzungsmethode schon bei 1 ccm unter Krämpfen nach 1—2 Minuten zugrunde (Überempfindlichkeit). Bisweilen kommt es vor, daß ein Kaninchen erst nach der Injektion von im ganzen 60—120 ccm Serum ein brauchbares Antiserum liefert; manche Tiere bilden überhaupt keine Präzipitine. Häufig beobachtet man auch Tiere, die nach den ersten drei Injektionen bereits ein annähernd brauchbares Antiserum liefern, das aber nach weiteren Einspritzungen immer mehr an Wirksamkeit verliert.

Ein Tier, dessen Serum den vorgeschriebenen Titer aufweist, wird geschlachtet. Die Technik ist folgende: Das Tier wird tief chloroformiert auf ein Brett gespannt. Nachdem die Brust- und Bauchfläche mit Alkohol abgerieben ist, um Verunreinigungen des Blutes durch Haare zu vermeiden, werden durch einen Längsschnitt die Weichteile von der Brustseite nach beiden Seiten getrennt und die vordere Brustwand entfernt. Bei den letzten schwachen Schlägen des Herzens trennt ein großer Schnitt die Herzkammer, das Tier entblutet in die Brusthöhlen. Das Blut wird dann schnell mittels einer Pipette mit weiter unterer Öffnung aufgesogen und in einen Meßzylinder gefüllt. Auf diese Weise gelingt es leicht, von einem Kaninchen 60—80 ccm Blut steril zu entnehmen. Das Blut, welches zum Absitzenlassen des Serums zunächst am besten bei Zimmertemperatur aufgestellt wird, liefert etwa 30—40 ccm Antiserum.

Das zur Verwendung kommende Antiserum muß folgende Eigenschaften haben:

1. es muß absolut klar und steril sein,
2. es darf nicht opaleszieren,
3. es muß hochwertig sein.

Die erste Forderung wird erfüllt, indem das Serum durch ein steriles Berkefeldsches Filter filtriert wird. Dieses kann mit einer Saugvorrichtung versehen, an jeder Wasserleitung leicht angebracht werden.

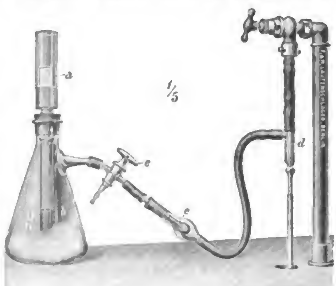


Fig. 1.

Nach der früher von uns angewandten Methode (Fig. 1) wurde in eine Saugflasche, die mit einer Berkefeldschen Kieselgurkerze (a) mittels eines Gummistopfens in Verbindung steht, ein steriles Reagensglas gestellt, in welches das Serum nach der Filtration hineintropfte. Hierauf wurde nach Abnehmen des Stopfens das Reagensglas mit einer sterilen Pinzette herausgenommen und mit einem abgebrannten Wattebausch verschlossen. Ehe das Filtrat in kleine Röhrchen abgefüllt werden konnte, mußte es in dem großen Reagensglas mehrere Tage bei Zimmertemperatur stehen bleiben, um zu sehen, ob es vollständig klar geblieben war. Trübte sich der Inhalt, so mußte die Filtration wiederholt werden. Blieb das Serum klar, so wurde es mit einer sterilen Pipette in kleine braune Röhrchen zu 1 ccm abgefüllt. Die mit Watte verschlossenen Röhrchen blieben dann abermals einige Tage bei Zimmertemperatur stehen, war ihr Inhalt

klar geblieben, so wurden sie über der Flamme zugeschmolzen. Die angegebene Art der Filtration ist die allgemein übliche und gibt im allgemeinen auch gute Resultate, sie hat aber den Nachteil, daß das sterile Filtrat nachträglich leicht verunreinigt werden kann und zwar sowohl bei der Herausnahme des Reagensglases aus der Saugflasche als auch beim Abfüllen des Serums in die einzelnen Röhrchen.

Um diese Nachteile zu vermeiden, ist von Uhlenhuth und Weidanz ein besonderer Apparat konstruiert, der im wesentlichen eine Kombination des Bakterien-Filtrierapparates von Maaßen und des Lymphabfülltrichters (Modell der Königl. Preuß. Anstalten zur Gewinnung animalischer Lymphe) darstellt.

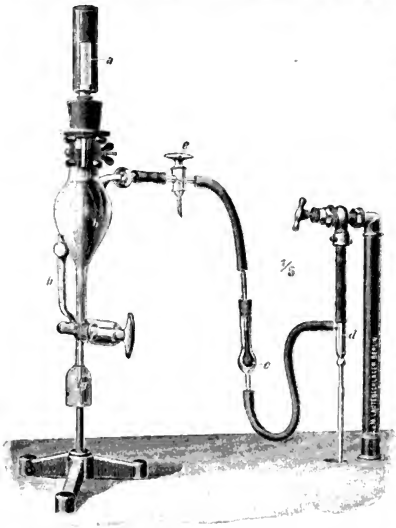


Fig. 2.
Serum-Filtrierabfüllungsapparat nach Uhlenhuth-Weidanz.

Der Apparat besteht aus der Berkefeldschen Kerze (a), die mittels eines Gummistopfens auf der Saugflasche (b) angebracht ist. Das zu einer Röhre ausgezogene untere Ende ist graduiert. Die Saugflasche zeigt dicht unter dem Hals ein Ansatzrohr, das mit einer Kugel behufs Aufnahme von Watte versehen ist und steht mit der Wasserstrahlpumpe (d) in Verbindung. Um ein Eindringen von Wasser in die Saugflasche zu vermeiden, ist das Rückschlagventil (c) eingeschaltet. Zur Regulierung des Luftdruckes in der Saugflasche dient der Dreiwegehahn (e). Um die beim Öffnen des Dreiwegehahnes einströmende Luft keimfrei zu erhalten, wird in die Kugel am Ansatz der Saugflasche Watte gesteckt. Damit aber nicht doch Bakterien mit dem Luftstrom durch die Watte hindurchgerissen werden, befindet sich in der Glaskugel noch eine zweite kleine Glaskugel mit nach hinten gerichteten Öffnungen, die ein direktes Einströmen der Luft in die Saugflasche verhindern. Der Abfüllhahn (f) ist mit einer umschmolzenen Hülle versehen und zeigt eine glockenförmige Erweiterung, die es gestattet, einen Bausch Watte einzuführen, der die Drehung des Hahnes nicht hindert, wohl aber ein Eindringen etwaiger Keime verbietet. Mit dem Abfüllhahn steht das graduierte Röhrchen (h), das oben zur Aufnahme von Watte zu einer Kugel erweitert ist, in Verbindung. Der Abfüllhahn ist so eingerichtet, daß auch mit Umgehung des Röhrchens (h) das Filtrat direkt abgefüllt werden kann. Das Ausflußrohr (g) ist von einer angeschmolzenen Glasglocke umgeben; sie hat den Zweck, durch Verschließen der Glasglocke mit Watte das Abflußrohr vor Infektion zu schützen und beim Abfüllen des sterilen Filtrats das Hineinfallen von Bakterien der Luft in die Abfüllröhrchen zu verhindern. Mit dieser vor der Benutzung im Dampfsterilisierapparat sterilisierten Filtriervorrichtung ist es möglich, das Filtrat sofort steril in die kleinen braunen Röhrchen abzufüllen.

Die Filtration wird nun in der Weise ausgeführt, daß, nachdem das zu filtrierende Serum in den Zylinder der Kerze gegossen ist, die Saugpumpe langsam angestellt wird. Hierbei ist

darauf zu achten, daß der Dreiwegehahn (e) richtig eingestellt ist; es ist das der Fall, wenn der Knebel des Hahnes in der Richtung der beiden Ansatzröhren verläuft. Um die ersten Kubikzentimeter des Filtrats, die vorzugsweise aus dem Wasser bestehen, welches beim Auskochen und Sterilisieren der Kerze in derselben zurück geblieben ist, zu beseitigen, muß die Saugpumpe (d) ausgeschaltet, und die Differenz des Luftdruckes zwischen Saugflasche und atmosphärischer Luft wieder ausgeglichen werden. Beides wird erreicht durch Drehung des Hahnes um 90° nach rechts. Nachdem durch Öffnen des Dreiweghahnes (f) aus der Saugflasche das unbrauchbare Filtrat entfernt ist, wird die Filtration wieder aufgenommen.

Ist die zu filtrierende Flüssigkeit in dem Umhüllungszylinder bis zu dem Metallansatz der Filterkerze gesunken, so wird, um restlos filtrieren zu können, die Flüssigkeit mit einer zu einer Kapillare ausgezogenen Glasröhre aufgesaugt und auf die Filterkerze geträufelt. Es empfiehlt sich auch, den toten Raum mit Gelatine auszugießen. Nach dem Vorgange von W. A. Schmidt kann man den Umhüllungszylinder bis zum oberen Rand des Metallansatzes der Kerze mit Glaskugeln auffüllen und auf diese Weise die Flüssigkeit zum Steigen bringen; oder man stülpt über die Berkefeldkerze ein Reagensglas, das bis auf den Boden des Glaszylinders reicht. Durch die noch vorhandene Menge Flüssigkeit wird die Öffnung des Reagensglases abgeschlossen, es bildet sich bei weiterem Saugen ein luftverdünnter Raum, die Flüssigkeit steigt infolge des äußeren atmosphärischen Druckes, benetzt den porösen Teil der Kerze und wird fast restlos aufgesaugt. Nachdem das Serum durchfiltriert ist, wird die Filtration in der angegebenen Weise wieder abgestellt. Die Filtration unter hohem negativen Druck, die sich durch starke Schaumbildung kenntlich macht, ist mit Hilfe des Dreiwegehahnes (e) leicht zu vermeiden, indem man durch Drehen des Hahnes nach rechts etwas Luft in die Saugflasche einströmen läßt.

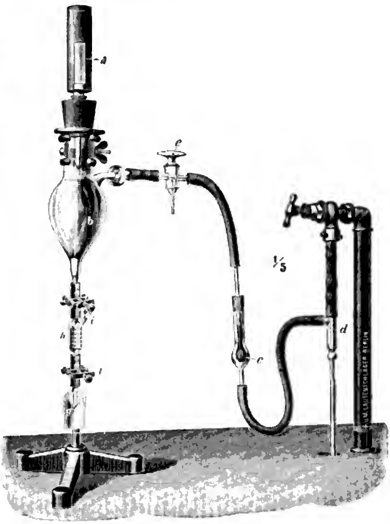


Fig. 3.
Modifizierter Filtrierabfüllapparat.

Nachdem in der beschriebenen Weise das klare Filtrat gewonnen, wird das sterile quantitative Abfüllen desselben folgendermaßen ausgeführt: Der Abfüllhahn (f) wird so gedreht, daß eine Verbindung zwischen Saugflasche und dem Röhrchen (h) hergestellt wird, ist das erreicht, so steigt das Filtrat in h in die Höhe, vorausgesetzt, daß der obere Watteverschluß des Röhrchens nicht zu dicht ist. Sollte das der Fall sein, so muß derselbe auf sterile Weise etwas gelockert werden. Hat man das gewünschte Quantum abgefüllt, so wird durch Drehung des Abfüllhahnes die Verbindung mit der Saugflasche unterbrochen, dagegen mit dem Abflußrohr (g) hergestellt und das abfließende Serum zu je 1 ccm in die kleinen braunen sterilen Röhrchen abgefüllt. Ist das Filtrat bis zu dem unteren röhrenförmig ausgezogenen graduierten Ende der Saugflasche ge-

sunken, so wird der Abfüllhahn so gedreht, daß mit Umgehung des Röhrchens (h) direkt abgefüllt wird. Auf diese Weise geht kein Tropfen des oft kostbaren Materials verloren. Wir haben mit dieser Filtration gute Resultate erzielt; Vorbedingung bei dieser Filtration ist jedoch, daß der Abfüllhahn aufs sorgfältigste eingeschliffen ist. Bei unvollkommener Dichtung des Abfüllhahns steigen bei der Filtration Luftblasen in der bereits filtrierten Flüssigkeit auf.

Um den Abfüllhahn bei der Filtrier-Abfüllvorrichtung ganz auszuschalten, haben wir folgende Modifikation (Fig. 3) angewandt: Die Saugflasche steht mittels eines Druckschlauches mit dem graduierten Röhrchen (h) in Verbindung; dieses hat an seinem oberen Ende ein einseitliches Ansatzrohr (i), dessen obere Öffnung zwecks Aufnahme von Watte zu einer Kugel ausgezogen ist. An seinem unteren Ende steht das Röhrchen (h) durch einen Druckschlauch mit dem mit angeschmolzener Glasglocke umgebenen Ausflußrohr (g) in Verbindung. Durch zwei Schraubenquetschhähne kann die Verbindung zwischen Saugflasche und Röhrchen (h) einerseits und zwischen Abflußrohr (g) und Röhrchen (h) andererseits unterbrochen werden.

Vor der Filtration ist der obere Quetschhahn so fest anzuziehen, daß bei der Filtration keine Luftblasen in der bereits filtrierten Flüssigkeit aufsteigen. Ist die Filtration in der oben beschriebenen Weise vollendet und die Luftdruckdifferenz zwischen Saugflasche und atmosphärischer Luft ausgeglichen, so wird nach Schließen des unteren Quetschhahnes der obere geöffnet und das gewünschte Quantum in Röhrchen (h) abgefüllt. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß der Watteverschluß des Ansatzrohres (i) nicht zu dicht ist, damit beim Herabfließen des Filtrats die im Röhrchen (h) befindliche Luft entweichen kann. Durch vorsichtiges Aufschrauben des unteren Quetschhahnes kann nunmehr genau quantitativ das Filtrat abgefüllt werden.

Diese Modifikation des Filtrierabfüllapparates hat außerdem noch folgende Vorzüge:

1. man kann sich den Apparat selbst zusammensetzen und unbrauchbar gewordene Stücke leicht ergänzen,
2. man kann selbst größere Mengen genau quantitativ abmessen, da die graduierten Röhrchen in den verschiedensten Größen zu erhalten sind,
3. man kann bei nicht quantitativem Abfüllen das Abflußrohr durch Druckschlauch direkt mit der Saugflasche verbinden.

Das so gewonnene Antiserum wird vor Licht und Wärme geschützt am besten im Eisschrank aufbewahrt. Nicht sehr selten kommt es vor, daß sich bei längerem Stehen am Boden des Röhrchens ein feiner Niederschlag bildet, der höchstwahrscheinlich durch ausfallende Eiweißstoffe (Autopräzipitation) bedingt ist. Die Wirksamkeit des Serums wird dadurch etwas beeinflußt, der Niederschlag ist außerdem insofern sehr störend, als beim Versand des Röhrchens das Serum durch Aufschütteln des Bodensatzes getrübt werden kann. Meistens gelingt es durch längeres Stehenlassen oder durch Zentrifugieren, das Serum wieder klar zu bekommen. Man kann sich auch zweckmäßig der von Uhlenhuth und Weidanz angegebenen „sterilen Filtrierabfüllvorrichtung bei kleinsten Flüssigkeitsmengen“ (Fig. 4) bedienen.

Der Apparat besteht aus der Silberschmidt-Kerze (a), die mittels einer Gummikappe mit der Saugflasche in Verbindung steht, das seitliche Ansatzrohr (c) sowie die Absaugevorrichtung entspricht genau den oben beschriebenen Angaben. Das untere zu einem Röhrchen ausgezogene Ende des Sauggefäßes ist genau graduiert, so daß die Flüssigkeit hier direkt gemessen und steril entnommen werden kann. Will man auch hier demselben Grunde wie oben den mit umschmolzener Hülle versehenen Abfüllhahn (d) vermeiden, so braucht man den Apparat nur in der Weise zu modifizieren (Fig. 5), daß man das graduierte Röhrchen mittels Druckschlauch und Schraubenquetschhahn mit dem Abflußrohr (g) verbindet.

Sera, die in der angegebenen Weise gewonnen und ohne konservierende Zusätze aufbewahrt sind, können sich nach unseren Erfahrungen monate-, ja jahrelang wirksam erhalten. Konservierende Zusätze wie Karbol, Chloroform usw. möchten wir nicht empfehlen, ebensowenig die durch Trocknen konservierten Antisera.

Einer der störendsten Fehler, die ein Serum haben kann, ist seine Opaleszenz. Es gibt Sera, die, wenn man sie gegen das Licht hält, stark milchig opaleszieren, trotzdem sie an sich völlig klar sind. Setzt man ein derartiges Serum zu irgend einer Eiweißlösung, so tritt je nach dem Grade der Opaleszenz momentan eine starke Trübung auf, die einer spezifischen Reaktion täuschend ähnlich sieht; daß sie aber nur durch das Serum an sich bedingt ist, beweist die Tatsache, daß sie bei Zusatz des Serums zu physiologischer Kochsalzlösung ebenfalls auftritt. Worauf diese Opaleszenz beruht, ist noch nicht ganz klar. Nach Angaben der Physiologen hängt sie mit dem Verdauungsstadium, in dem sich das Tier befindet, zusammen. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, die Tiere vor der Tötung einige Zeit hungern zu lassen. Opaleszierende Sera dürfen in der Praxis unter keinen Umständen verwandt werden.

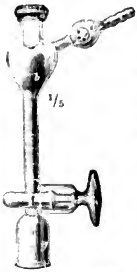


Fig. 4. Mikrofiltrierabfüllapparat.



Fig. 5. Modifizierter Mikrofiltrierabfüllapparat.

Die wichtigste Forderung, die man an ein praktisch zu verwendendes Antiserum stellen muß, ist seine prompte Wirksamkeit. Es ist deshalb notwendig, daß man den Titer genau festlegt. Hat bereits eine orientierende Vorprobe vor der Entblutung des Tieres in der angegebenen Weise stattgefunden, so wird nunmehr, nachdem das klare, nicht opaleszierende Serum filtriert ist, eine nochmalige eingehende Titerbestimmung vorgenommen. Diese erscheint um so notwendiger, als durch die Filtration das Serum naturgemäß einen geringen Verlust seiner präzipitierenden Wirkung erleidet. Man stellt sich Verdünnungen mit 0,85 %iger Kochsalzlösung von normalem Pferdeserum her und zwar 1 : 1000, 1 : 10 000, 1 : 20 000. Hiervon werden in kleinen Reagensröhrchen (siehe unten) zu je 1 ccm 0,1 ccm des zu prüfenden Antiserums zugesetzt. Ohne zu schütteln wird dann die Reaktion bei auffallendem Lichte betrachtet, indem man zweckmäßig zwischen Lichtquelle und Reagensglas eine schwarze Fläche (schwarzes Heft usw.) schiebt. In der Lösung 1 : 1000 muß momentan, spätestens nach 1—2 Minuten, eine deutliche Trübung auftreten, nach 3 resp. 5 Minuten muß auch in den stärkeren Verdünnungen die beginnende Reaktion deutlich erkennbar sein. Die zur Versendung kommenden Antisera müssen genau auf ihre Wirksamkeit geprüft werden: das Prüfungsergebnis ist zweckmäßig mit dem Datum der Prüfung den zu verschickenden Röhrchen beizufügen, indem man den Titer auf den Röhrchen verzeichnet. Trotz des auf den Serumröhrchen angegebenen Titers wird sich der Sachverständige vor Beginn seiner Untersuchung doch in einem Vorversuch nochmals von der Wirksamkeit seines spezifischen Serums überzeugen müssen.

Bei der Ausführung der biologischen Untersuchung auf Pferdefleisch sind als allgemeine Arbeitsgrundsätze zu beachten:

1. Alle zu benutzenden Gefäße und Instrumente müssen steril sein.

2. Sämtliche Flüssigkeiten, die bei der Ausführung der Methode benutzt werden, müssen absolut klar und steril sein.

Unter Beobachtung dieser Grundsätze wird das biologische Verfahren zum Nachweis von Pferdefleisch für die Fleischbeschau etwa in folgender Weise [1]) auszuführen sein:

Mit einem ausgeglühten oder ausgekochten Messer schabt man aus der Tiefe des möglichst mageren Fleischstückes etwa 30 g von einer frisch hergestellten Schnittfläche ab. Bei sehr zähem Fleisch wird es sich empfehlen, die Zerkleinerung mit Hilfe eines ausgekochten Hack- oder Wiegemessers vorzunehmen. Es ist notwendig das Untersuchungsmaterial von einer frisch hergestellten Schnittfläche aus dem Innern des Fleischstückes zu entnehmen, denn die äußeren Partien des zu untersuchenden verdächtigen Fleischstückes können mit anderen Fleischsorten in Berührung gekommen sein. Das würde bei der Empfindlichkeit der Reaktion unter Umständen zu Täuschungen Veranlassung geben können. Die Entnahme und Zerkleinerung des Materials ist selbstverständlich auf einer absolut sauberen Unterlage vorzunehmen, die vor allem nicht mit irgend welchen anderen Eiweißstoffen in Berührung gekommen ist. Es empfiehlt sich, das verdächtige Fleischstück z. B. auf ungebrauchtes Schreibpapier zu legen. Sind in dem zu untersuchenden Fleische fette und magere Abschnitte vorhanden, so sind die mageren Partien auszuwählen, da bei diesen die Eiweißauslaugung besser vor sich geht und auch die Filtration einer brauchbaren klaren Lösung viel weniger Schwierigkeiten verursacht. Die zerkleinerte Fleischmasse wird zweckmäßig in ein ausgekochtes oder sonst durch Hitze sterilisiertes etwa 100 ccm fassendes Erlenmeyersches Kölbchen gebracht, mit Hilfe eines ausgekochten resp. sterilisierten Glasstabes gleichmäßig verteilt und mit 50 ccm steriler 0,85 %iger Kochsalzlösung übergossen. Andere Lösungsmittel wie z. B. Brunnen-, Leitungs- oder destilliertes Wasser sind zur Auslaugung nicht zu benutzen, denn diese geben bereits beim Zusatz eines ganz beliebigen Blutserums Trübungen und bisweilen sogar Niederschläge (Uhlenhuth). Diese Trübungen, die auf dem Ausfallen von Globulinen zu beruhen scheinen, sind bei den verschiedenen Serumarten verschieden stark und treten besonders eklatant beim Pferdeserum auf. Gesalzenes Fleisch kann man zuvor in einem größeren sterilen Erlenmeyerschen Kolben entsalzen, indem man es mit sterilem destilliertem Wasser übergießt und letzteres ohne zu Schütteln während 10 Minuten mehrmals erneuert. Das Gemisch von Fleisch und 0,85 %iger Kochsalzlösung bleibt zur Ausziehung der im Fleische vorhandenen Eiweißsubstanzen etwa 3 Stunden bei Zimmertemperatur oder über Nacht im Eisschrank stehen. Bei frischem Fleisch wird in den meisten Fällen bereits nach einer Stunde die für die biologische Reaktion nötige Eiweißkonzentration erreicht sein; bei gepökeltem resp. geräuchertem Fleische dauert dagegen die Auslaugung je nach dem Grad der Pökelung resp. Räucherung mehr oder weniger lange. Untersuchungen von den Randpartien derartig zubereiteten Fleisches, d. h. von den Stellen, die der Einwirkung der konservierenden Behandlung am meisten

[1]) Die Anweisung für die biologische Untersuchung auf Pferdefleisch, wie sie in den obenerwähnten neuen, am 1. April 1908 inkraft getretenen Ausführungsbestimmungen zum Fleischbeschau-Gesetz enthalten ist, wird am Schluß der Arbeit wörtlich angeführt.

ausgesetzt gewesen sind, haben oft erst nach 24stündigem Auslaugen eine für die Reaktion brauchbare Lösung ergeben. Stehen aber dem Sachverständigen mindestens 4 kg schwere Stücke — wie das bei der amtlichen Fleischbeschau der Fall ist — zur Verfügung und nimmt er sein Untersuchungsmaterial aus der Tiefe des Fleischstückes d. h. von den Partien, die den Konservierungsmitteln am wenigsten ausgesetzt gewesen sind, so genügt fast in allen Fällen eine dreistündige Auslaugung. Bei stark faulendem Fleisch, das aber in der Auslandsfleischbeschau wohl kaum zur biologischen Untersuchung gelangen wird, da es schon sowieso beanstandet wird, haben wir ebenfalls oft erst nach 12—24 Stunden eine brauchbare Eiweißlösung erhalten können.

Durch Schütteln eine Beschleunigung der Lösung zu erzielen, ist im allgemeinen nicht ratsam, denn es werden dabei die in dem Fleische vorhandenen feinsten Fettkügelchen mit losgerissen, die eine unerwünschte Trübung der Eiweißlösung verursachen. Auch verhindern sie, indem sie auf der Oberfläche schwimmen, die beim Schütteln der Probelösung im Reagensglase auftretende Schaumbildung, die uns, wie wir gleich sehen werden, zu erkennen geben soll, ob bereits eine für die Untersuchung genügend starke Eiweißlösung vorhanden ist. Zur Beschleunigung einer brauchbaren Lösung, besonders bei fettem Fleisch, ist der Zusatz einiger Tropfen Chloroform zu empfehlen (Uhlenhuth).

Die Erkennung, ob eine genügende Menge der Eiweißkörper des Fleisches in Lösung übergegangen ist, kann einige Schwierigkeiten verursachen. Die Fleischeiweißlösung soll in 300 Teilen ungefähr 1 Teil Fleischeiweiß enthalten. Wir wählen diese Konzentration aus folgendem Grunde. Ausgepreßter reiner Muskelsaft 1 : 300 verdünnt, gibt mit dem auf Pferdeblutserum eingestellten Antiserum mit dem vorgeschriebenen Titer (s. oben) eine ebenso prompte und starke Reaktion, wie Pferdeserum in einer Verdünnung von 1 : 1000. Während man nun mit ausgepreßtem Muskelsaft genau den oben geforderten Verdünnungsgrad herstellen kann, so ist das bei der in der angegebenen Weise hergestellten ausgelaugten Fleischlösung nur annähernd auf empirischem Wege zu erreichen, da der Grad der Löslichkeit der Fleischeiweißkörper ganz verschieden ist; er ist bei frischem Fleische abhängig von dem Blut- und Fettgehalt, bei zubereitetem Fleische außerdem noch von der Einwirkung der Konservierungsmittel.

Zur Orientierung, ob in der angesetzten Fleischlösung bereits eine genügende Menge Eiweißkörper vorhanden ist, werden etwa 2 ccm der Lösung in ein steriles Reagensglas gegossen und stark geschüttelt. Eine einige Zeit bestehen bleibende Schaumbildung ist ein Zeichen, daß die Lösung brauchbar ist. Ob wir es nun aber mit einer Verdünnung von 1 : 50, 1 : 300 oder 1 : 1000 zu tun haben, läßt sich auf Grund der Stärke der Schaumbildung nicht sicher sagen. Oft kommt es vor, daß konzentrierte Fleischlösungen viel weniger Schaumbildung zeigen als mittelstarke. Es ist das abhängig von dem Fettgehalt der Fleischeiweißlösung; wäre derselbe bei allen Fleischlösungen der gleiche, so würde man auch hier wie bei den Blut- und Serumlösungen eine ziemliche Regelmäßigkeit in der Stärke der Schaumbildung bei den verschiedenen Verdünnungsgraden beobachten können. Bei den Blutserumlösungen hört die Schaumbildung bei Verdünnungen von etwa 1 : 4000 auf, bei den Fleischlösungen

läßt sich dagegen eine Grenze infolge ihres verschiedenen Fettgehaltes nicht festlegen. Sie muß aber jedenfalls viel niedriger gesetzt werden und wird selbst bei magerem Fleische kaum 1 : 1000 erreichen.

Nach dem positiven Ausfall dieses Orientierungsversuches muß ein absolut klares Filtrat des zu prüfenden Fleischauszuges hergestellt werden. Bei magerem und frischem Fleische gelingt es bereits nach ein- bis zweimaligem Filtrieren durch gehärtete vorher mit 0,85%iger Kochsalzlösung angefeuchtete Papierfilter (Schleicher & Schüll, No. 575, 603 oder 605) eine klare Lösung zu bekommen, viel schwerer ist es bei fettem und bei gepökeltem Fleische; hier kommt man auf diese Weise oft nicht zum Ziele. Recht gute Resultate gibt in solchen Fällen die Filtration durch ausgeglühte Kieselgur (Fig. 6). Man verfährt dabei zweckmäßig in folgender Weise: Die ausgeglühte Kieselgur wird mit einer sterilen 0,85%igen Kochsalzlösung zu einem dünnen Brei verrührt. Dieser wird in ca. 2 mm dicker Schicht gleichmäßig auf die Filterplatte eines Büchnerschen Trichters (a) verteilt. Um das Hindurchfließen der Filtermasse zu verhüten, ist die durchlochte Platte vorher mit Fließpapier sorgfältig bedeckt. Mit Hilfe der bereits beschriebenen Saugvorrichtung kann dann sehr schnell ein klares Filtrat erhalten werden. Nötel empfiehlt die Filtration mittels gereinigten Glasstaubes von 1/4 mm Korngröße. Sehr gut eignen sich auch die allerdings teureren Berkefeldschen Kieselgurfilter. Vorbedingung für diese Filtration ist selbstverständlich, daß die zur Verwendung kommende Kerze vor dem Gebrauch sterilisiert ist. Würde man beispielweise eine nicht sterilisierte Kerze benutzen, durch die vorher eine Pferdefleischeiweißlösung filtriert wäre, so würde die nachfolgende Filtration einer auf Pferdefleisch verdächtigen Rindfleischlösung zur Folge haben können, daß auf Grund der eventuell auf Zusatz von Pferdeantiserum entstehenden Trübung die Diagnose auf Pferdefleisch gestellt würde. Ein in der angegebenen Weise hergestelltes klares Filtrat ist aber für die Reaktion in der Regel noch nicht verwendbar, denn es ist meist noch viel zu konzentriert. Für das biologische Verfahren zum Nachweis von Pferdefleisch bedienen wir uns, wie gesagt, einer Lösung von etwa einem Teil Fleischeiweiß in 300 Teilen Kochsalzlösung. Da die als Orientierung über die Konzentration der Fleischlösung dienende Schaumprobe ein Zeichen ist, daß die Lösung konzentrierter ist, als verlangt wird, so wird man fast immer, selbst wenn der Eiweißgehalt durch die Kieselgurfiltration etwas

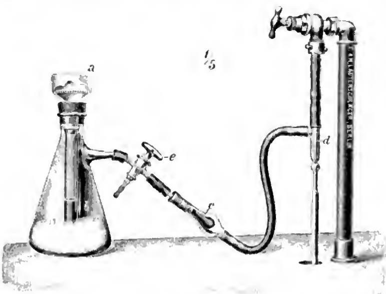


Fig. 6.
Filtration mittels Kieselgur (Büchnerscher Trichter).

verringert wurde, noch Kochsalzlösung zur Verdünnung zusetzen müssen. Die geforderte Verdünnung der Fleischlösung von 1 : 300 läßt sich empirisch durch die Salpetersäure-Kochprobe bestimmen. Zu diesem Zwecke wird ein kleines Quantum (1 ccm) des klaren Filtrates in einem kleinen Reagensgläschen gekocht und mit einem Tropfen der offizinellen Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,153 versetzt. Gewöhnlich tritt dann eine starke Trübung auf, die sich sofort als flockiger Niederschlag auf den Boden des Röhrchens senkt. Diese Reaktion ist ein Zeichen, daß die Lösung noch zu stark ist, und daß das Filtrat weiter verdünnt werden muß. Erst wenn man bei weiterer Prüfung nach entsprechender Verdünnung mit 0,85%iger Kochsalzlösung eine gleichmäßig opaleszierende Trübung bekommen hat, die sich nach etwa 5 Minuten langem Stehen als eben erkennbarer Niederschlag zu Boden senkt, hat man den für die Reaktion vorgeschriebenen Konzentrationsgrad erreicht. Ungeübten kann es wohl passieren, daß sie bei der Herstellung der Verdünnungen den geforderten Verdünnungsgrad von 1 : 300 überschreiten; es tritt dann bei der Salpetersäure-Kochprobe ein Eiweißniederschlag nicht mehr auf. Soll nun aber trotzdem die Lösung verwandt werden, so muß das natürlich bei der Beurteilung des Befundes wohl berücksichtigt werden. Im allgemeinen wird man sich aber zweckmäßig an den von uns vorgeschlagenen Verdünnungsgrad halten.

Vor dem Ansetzen des Versuches ist die Untersuchungslösung noch auf ihre Reaktion zu prüfen, sie soll neutral, schwach sauer oder schwach alkalisch reagieren. Bei der vorgeschriebenen Verdünnung der Fleischeiweißlösung wird die Reaktion meistens die richtige sein, doch ist es notwendig, sich jedesmal davon zu überzeugen. Stark saure Lösungen, meist durch Fleischmilchsäure bedingt, können zu Trugschlüssen Veranlassung geben, denn infolge der Koagulationswirkung der Säure auf das Serumeiweiß wird in solchen stark sauren Fleischlösungen nach Zusatz eines beliebigen Serums eine der spezifischen Reaktion täuschend ähnliche Trübung oder auch Fällung eintreten. Um diese Fehlerquellen zu vermeiden, ist es durchaus geboten, jeden zu untersuchenden Fleischauszug auf seine Reaktion mit Lackmuspapier genau zu prüfen und ihn nötigenfalls bis zur schwachalkalischen Reaktion mit verdünnter Sodalösung (0,1%) zu versetzen. Andererseits ist aber auch ein Überschuß von Alkali (Soda, Borax usw.) streng zu vermeiden, da hierdurch die biologische Reaktion ganz erheblich abgeschwächt wird, eine Tatsache, die mit der Beobachtung übereinstimmt, daß die Präzipitine sich in Alkalien auflösen. W. A. Schmidt benutzt als Neutralisationsmittel der Untersuchungslösung Magnesiumoxyd, weil seine Schwerlöslichkeit es von vornherein ausschließt, daß die Versuchslösung zu alkalisch wird, was bei sorgloser Anwendung löslicher Alkalien leicht eintreten kann.

Für die Ausführung der biologischen Reaktion bedient man sich zweckmäßig eines kleinen besonders konstruierten Reagensglasgestelles (nach Uhlenhuth, Fig. 7). Es ist so eingerichtet, daß es für 12 kleine Reagensröhrchen von je 10 cm Länge und 0,9 cm Durchmesser Platz hat. An ihrem offenen Ende haben die Röhrchen einen stark nach außen gebogenen Rand, der sie befähigt, in den Löchern des Gestelles pfeifenartig hängen zu bleiben. Um Verwechslungen der einzelnen Röhrchen zu vermeiden, sind die Löcher auf dem Gestell mit Nummern von 1—12 versehen. Da

die kleinen Röhrchen oft nicht gleichen Durchmesser haben, so ist es ratsam, sich für die Untersuchung möglichst gleich starke Röhrchen auszusuchen. Außerdem hat man darauf zu achten, daß die Röhrchen absolut sauber sind; oft zeigen sie infolge häufiger Sterilisation in trockener Hitze zahlreiche außerordentlich zarte Sprünge, die, falls sie sich an der Kuppe des Glases befinden, eine beginnende spezifische Trübung vortäuschen können.

Ausführung der Reaktion.

Von der filtrierten, in ihrer Reaktion kontrollierten und völlig klaren Untersuchungslösung wird mit einer sterilen Pipette je 1 ccm in Röhrchen 1 und 2 gebracht. In Röhrchen 3 wird 1 ccm eines ebenfalls klaren, aus Pferdefleisch in gleicher Weise hergestellten Filtrats eingefüllt. Röhrchen 4 und 5 werden mit je 1 ccm einer ebenso hergestellten Schweine- und Rindfleischlösung beschickt. In Röhrchen 6 wird 1 ccm sterile 0,85%ige Kochsalzlösung gegossen. Zum Einfüllen der verschiedenen Lösungen sind auch besondere sterilisierte Pipetten zu benutzen. Zu den, wie angegeben, beschickten Röhrchen wird mit Ausnahme von Röhrchen 2 je 0,1 ccm vollständig klares hochwertiges Pferdeantiserum zugesetzt und zwar so, daß es an der Wand des Röhrchens herabfließt und sich auf seinem Boden ansammelt.

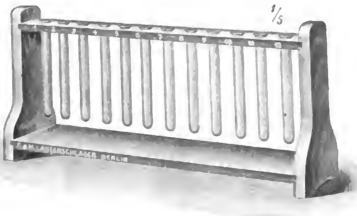


Fig. 7.
Reagensglasgestell nach Uhlenhuth.

Zu Röhrchen 2 wird 0,1 ccm normales ebenfalls völlig klares Kaninchenserum in gleicher Weise gegeben. Man bedient sich zum Serumzusatz gewöhnlich einer dünnen genau graduierten Pipette von 1 ccm, mit der man das spezifische Serum aus den braunen Aufbewahrungsröhrchen direkt aufsaugen kann. Zeigt das Antiserum jedoch einen kleinen Bodensatz, so läßt sich dasselbe auf diese Weise nicht entnehmen, ohne den Bodensatz aufzurühren. Man bedient sich in solchen Fällen zweckmäßig einer Kapillarpipette (Fig. 8), mit der es leicht gelingt, das Serum, ohne den Bodensatz aufzurühren, bis auf den letzten Tropfen aufzusaugen. Diese Pipetten stellt man sich einfach durch Ausziehen eines Glasrohres von 5 mm Durchmesser über einer Gebläselampe her. Hat man die Pipette vor dem Aufziehen des Serums genau kalibriert, so kann man 0,1 ccm desselben direkt in die einzelnen mit Untersuchungs- und Kontrollflüssigkeiten beschickten Röhrchen abtropfen lassen. Das Kalibrieren der Pipetten geschieht in der Weise, daß man vorher mit einer dünnen genau graduierten Pipette 0,1 ccm Kochsalzlösung in ein Uhrschälchen oder in einen Farbeklotz bringt, die Flüssigkeit dann mit der Kapillarpipette vollständig aufsaugt,



Fig. 8.
Kapillarpipette.

langsam abtropfen läßt und die Tropfen zählt. Die Anzahl der Tropfen (gewöhnlich 6) entspricht dann etwa 0,1 ccm.

Die Röhrchen sind dann bei Zimmertemperatur aufzubewahren und dürfen nicht geschüttelt werden. Es ist notwendig, zu einer Untersuchung stets nur den Inhalt eines Serumröhrchens zu nehmen, falls man nicht sicher ist, daß das Serum eines anderen Röhrchens von demselben Kaninchen stammt. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, daß ein Antiserum neben dem Präzipitin auch noch eine gewisse Menge des zur Vorbehandlung der Kaninchen verwandten Eiweißes enthält und daß dieses präzipitable Eiweiß, welches sich im „latenten" Zustande im Antiserum befindet, durch das Präzipitin eines anderen Kaninchens ausgefällt wird. W. A. Schmidt machte zuerst diese Beobachtung ganz zufällig, als er bei der Titerbestimmung von Menschenantiseris irrtümlich zweimal Antiserum zusetzte, das von verschiedenen Kaninchen stammte.

Um alle Fehlerquellen auszuschließen und um den Ausfall der biologischen Reaktion als absolut beweisend bezeichnen zu können, sind fünf Kontrollen (Röhrchen 2—6) notwendig. In Röhrchen 1 findet die eigentliche Untersuchung der auf Pferdefleisch verdächtigen Fleischlösung statt. Die Kontrolle 1 (Röhrchen 2), Zusatz von normalem Kaninchenserum zu der zu untersuchenden Fleischlösung, die absolut klar bleiben muß, hat den Zweck, nachzuweisen, daß die in Röhrchen 1 etwa beginnende Trübung nicht auf eine Wirkung von Kaninchenserumzusatz an sich zu beziehen ist. Kontrolle 2 (Röhrchen 3), Zusatz von spezifischem Pferde-Antiserum zu einer gleich stark verdünnten Pferdefleischlösung, dient zur nochmaligen Feststellung der Wirksamkeit des Antiserums. Die Kontrolle 3 und 4 (Röhrchen 4 und 5), Zusatz von Pferde-Antiserum zu einer gleich stark verdünnten Rind- und Schweinefleischlösung, in denen kein Niederschlag entstehen darf, beweisen in Ergänzung zu Kontrolle 2, daß die in den Untersuchungsröhrchen 1 sich etwa bildende Präzipitation durch eine spezifische Wirkung des zugesetzten Serums hervorgerufen wird. Eine der wichtigsten Kontrollen ist Kontrolle 5 (Röhrchen 6), Zusatz von Pferde-Antiserum zu der zur Verdünnung der einzelnen Lösungen benutzten physiologischen Kochsalzlösung. Ihr Klarbleiben nach dem Zusatz von Pferde-Antiserum beweist, daß einmal das zur Verwendung gekommene Serum vollkommen klar ist und nicht opalesziert und daß die Kochsalzlösung nicht schon an und für sich beim Zusatz des Antiserums Trübungen bildet, wie das z. B. beim Leitungswasser der Fall sein würde.

Hat man so unter sorgfältiger Vermeidung der besprochenen Fehlerquellen mit den notwendigen Kontrollen den Versuch angesetzt, so wird die Beurteilung des Befundes keine Schwierigkeiten bieten. Die spezifische Reaktion — die bei positivem Befund in Röhrchen 1 und 3 auftritt — beginnt fast in allen Fällen, wenn man, wie wir vorschreiben, ein Schütteln der Röhrchen vermeidet, an der Kuppe des Reagensglases, da sich das Serum als die spezifisch schwerere Flüssigkeit zu Boden senkt. Ist die Unterschichtung des Serums sorgfältig erfolgt, so kann man beobachten, daß die spezifische Trübung in Form eines deutlich sichtbaren Ringes an der Berührungsstelle des Serums und der Fleischeiweißlösung entsteht, allmählich ver-

breitert er sich immer mehr, bis eine gleichmäßige Trübung der ganzen Flüssigkeit aufgetreten ist. Nur ein einziges Mal haben wir die Beobachtung gemacht, daß die Präzipitinbildung von oben anfing; es wird ein solcher Fall nur dann eintreten, wenn das spezifische Serum leichter ist als die Untersuchungsflüssigkeit. Im weiteren Verlaufe der Reaktion wird die anfangs hauchartige Trübung immer stärker, so daß man sie als wolkig bezeichnen kann. Im Verlaufe der nächsten 10—15 Minuten differenziert sich die diffuse Trübung als deutlich aus kleinsten Niederschlägen bestehend. Diese kleinsten Niederschläge, die anfänglich gleichmäßig suspendiert in der Flüssigkeit schwimmen, vergrößern sich im Verlauf der nächsten 10 Minuten zu deutlich flockigen Präzipitaten, die sich dann allmählich als Bodensatz in der Kuppe des Röhrchens absetzen. Ist bei Verdacht auf Pferdefleisch in Röhrchen 1 und 3 die Trübung in der charakteristischen Weise aufgetreten, während die übrigen Röhrchen völlig klar bleiben, so handelt es sich um Pferdefleisch (resp. Esel- oder anderes Einhuferfleisch). Die Reaktion muß nach spätestens 30 Minuten als abgeschlossen angesehen werden. Später entstehende Trübungen dürfen als positive Reaktion nicht aufgefaßt werden. Zur besseren Feststellung der zuerst eintretenden Trübung können die Röhrchen bei auffallendem Tages- oder künstlichem Lichte betrachtet werden, indem zwischen Lichtquelle und Reagensglas eine schwarze Fläche (z. B. ein schwarzes Heft) geschoben wird.

Heterologe Trübungen, d. h. Trübungen, die beim Zusatz von spezifischen Antiseris zu konzentrierten artfremden Eiweißlösungen bisweilen zu beobachten sind und für den Unerfahrenen zu irrtümlichen Deutungen Veranlassung geben könnten, obwohl sie bezüglich der Intensität und Schnelligkeit des Auftretens mit der spezifischen Trübung nicht verwechselt werden können, kommen bei quantitativem Arbeiten nach unserer Vorschrift nicht in Betracht. Von der Spezifität des zur Verwendung kommenden Antiserums hat sich der Sachverständige bei jeder Untersuchung zu überzeugen.

Wohl aber erfährt die biologische Reaktion eine gewisse Einschränkung durch die Verwandtschaftsreaktionen. Es ist nicht möglich mit Hilfe der biologischen Reaktion Pferdefleisch von Esel-, Maulesel- usw. Fleisch zu unterscheiden. Uhlenhuth gelang es durch „kreuzweise Immunisierung" Blut nahe verwandter Tiere, wie z. B. Hasen- und Kaninchenblut, Menschen- und Affenblut, zu differenzieren, indem er Kaninchen- mit Hasenblut, oder Affen- mit Menschenblut vorbehandelte. Er konnte von Kaninchen auf diese Weise ein Serum gewinnen, welches nur Hasenblut, nicht Kaninchenblut praezipitierte, und von Affen ein Serum, das nur Menschen- nicht aber Affenblut ausfällte. Leider hat sich diese Methode nicht verallgemeinern lassen. Unsere Versuche, in gleicher Weise Esel- mit Pferdeblut vorzubehandeln, führten zu keinem positiven Resultat, trotzdem die Esel mit großen Quantitäten Pferdeblut lange Zeit eingespritzt wurden. Auch die Anwendung der Komplementbindungsmethode führte in diesen Fällen nicht zum Ziel. Dasselbe negative Resultat hatten wir bei Vorbehandlung von Schafen mit Ziegenblut. Es ist möglich, daß diese Tiere zu nahe verwandt sind, so daß wegen der Gleichartigkeit ihres Körpereiweißes eine Antikörperbildung ausbleibt. Andererseits muß man jedoch auch berücksichtigen, daß Pferde und Hammel im allgemeinen schlechte Präzipitinbildner sind.

Die Methode der elektiven Absättigung nach Weichardt, so sinnreich sie auch

erdacht ist, hat für die Praxis keine Bedeutung erlangen können. Glücklicherweise kommt die Differenzierung von Pferde- und Eselfleisch für das Fleischbeschaugesetz nicht in Frage, denn ob das unter der Flagge von Rindfleisch eingeführte Fleisch Pferde- oder Eselfleisch ist, ist für die Beurteilung gleichgültig.

Für die praktische Anwendung der biologischen Methode im Rahmen des Fleischbeschaugesetzes würde frisches, gefrorenes, ausgetrocknetes, geräuchertes, gepökeltes, gekochtes und eventuell faulendes Fleisch (falls es nicht bereits als solches beanstandet würde) zur Untersuchung kommen. Der Nachweis von Pferdefleisch bereitet im allgemeinen bei zubereitetem und faulendem Fleisch viel mehr Schwierigkeiten als bei frischem Fleisch; diese sind jedoch rein technischer Natur und beruhen auf der Herstellung eines eiweißreichen klaren Filtrats. Während man bei frischem Fleisch bereits oft schon nach einer viertelstündigen Auslaugung eine genügende Eiweißlösung gewinnen kann, die oft nach einmaligem Filtrieren durch gehärtete Papierfilter die geforderte Klarheit erhalten hat, so ist häufig bei zubereitetem und faulendem Fleisch eine Auslaugung von mehreren Stunden erforderlich und nur selten wird man durch wiederholte Filtration durch Papierfilter eine klare Lösung erhalten. Fast immer muß die Filtration mit Kieselgur vorgenommen werden.

Um nachzuweisen, ob der Grad der Pökelung und der Fäulnis des Fleisches einen nachteiligen Einfluß auf die biologische Methode ausübt, haben wir diesbezügliche Untersuchungen angestellt. Es wurden mehrere 5 Pfd. schwere Pferdefleischstücke nach Vorschrift gepökelt. Nachdem sie 12 Tage in der Lake gelegen hatten, wurden sie in 6 tägigen Intervallen 2 Monate lang biologisch untersucht. Der Kochsalzgehalt des Fleisches, der bei der ersten Untersuchung 10,5 % betrug, steigerte sich nach etwa 1 ½ Monaten bis auf 16 %. Es entsprach das ungefähr dem Salzgehalt der Lake. Einen erheblichen störenden Einfluß der Pökelung auf die biologische Reaktion konnten wir nicht beobachten, nur daß mit dem steigenden Salzgehalt des Fleisches seine Auslaugungsfähigkeit abnahm, sodaß bei der letzten Untersuchung — das Fleisch war bereits so brüchig, daß beim Abschaben selbst größere Muskelbündel direkt auseinander gerissen wurden, — erst nach 5 stündiger Auslaugung eine brauchbare Eiweißlösung erhalten wurde.

Untersuchungen an faulendem Pferdefleisch ergaben, daß mit zunehmender Fäulnis die Auslaugungsfähigkeit ebenfalls abnahm. Bei stark gefaultem Fleische war eine 2 tägige Auslaugung nötig, um die biologische Reaktion anstellen zu können.

Bei geräuchertem Fleische ergab die Prüfung mit der biologischen Methode dieselben Resultate, wie bei gepökeltem Fleisch.

Wie bereits hervorgehoben, ist die biologische Methode an gekochtem Fleisch nicht anwendbar, sobald die reaktionsfähigen Eiweißkörper durch den Kochprozeß zerstört worden sind. Ist das Fleisch aber nicht ordentlich durchgekocht, so daß im Innern eine Temperatur von 60—70° Celsius nicht überschritten ist, wie das z. B. bei Roastbeef der Fall ist, so ist die Methode noch verwendbar. Um in solchen Fällen die nötige Eiweißlösung zu bekommen, bedarf es oft einer 24 stündigen Auslaugung. Auch tritt selbst bei der vorgeschriebenen Konzentration der Lösung die spezifische Reaktion hier viel später auf wie bei frischem, gepökeltem und leicht geräuchertem

Fleische; so konnten wir beginnende Trübungen erst nach 10 ja 20 Minuten beobachten. Die Angaben von v. Rigler, mit Auszügen aus gekochtem und gebratenem Fleisch die spezifischen Reaktionen bekommen zu haben, sind wohl darauf zurückzuführen, daß es sich hierbei um Fleisch gehandelt hat, das nicht vollkommen durchgekocht oder durchgebraten war. Zum Nachweis der Herkunft gekochten Fleisches wollen neuerdings Obermeyer und Pick ein spezifisches Serum hergestellt haben; eindeutige, praktisch verwertbare Resultate liegen jedoch noch nicht vor.

Auch bei Fettgewebe ist die biologische Reaktion, falls das Fett nicht durch Hitze ausgeschmolzen ist, nicht aussichtslos; fast immer gelingt es die genügende Menge reaktionsfähiges Eiweiß aus dem Fettgewebe zu extrahieren. Wir haben Fettgewebe nach Extraktion des Fettes mit Äther mit Hilfe des biologischen Verfahrens leicht differenzieren können. Es sei auch daran erinnert, daß Uhlenhuth und Beumer auf diese Weise aus dem fetthaltigen Knochenmark die für die biologische Reaktion notwendigen Eiweißstoffe extrahieren und so die Diagnose auf die Herkunft von Tierknochen stellen konnten. Auch Schütze kam zu dem gleichen Ergebnis. Ferner gelingt es ja nach den Untersuchungen von Schütze und Uhlenhuth aus der Butter und Margarine das reaktionsfähige Kasein für die biologische Untersuchung zu verwerten.

Stabsarzt Dr. Hüne hat diese Untersuchungsmethode weiter ausgearbeitet und wird in einer besonderen Arbeit über seine Ergebnisse berichten.

Das biologische Verfahren zum Nachweis von Pferdefleisch dürfte in der Auslandsfleischbeschau nur eine verhältnismäßig beschränkte Anwendung erfahren, da es sich hier ja eigentlich nur um zubereitetes Fleisch in mindestens 4 kg schweren Stücken handelt, dessen Herkunft bisweilen schon makroskopisch erkennbar ist. Frisches Fleisch darf ja nur in ganzen Tierkörpern eingeführt werden und die Einfuhr von Fleischgemischen usw. ist verboten.

Von großer Bedeutung ist die Methode für die Kontrolle von Fleischwaren. Hier handelt es sich meist um die Untersuchuug kleiner Fleischstückchen, von Fleischgemischen, Hackfleisch und besonders um Wurst.

Für das biologische Verfahren sind nur kleine Mengen erforderlich.

Nach unseren Versuchen genügten für die Ausführung der biologischen Reaktion bereits stecknadelkopfgroße Mengen von Untersuchungsmaterial, um den Nachweis von Pferdefleisch zu erbringen.

Bei der Anwendung der biologischen Methode zur Untersuchung von Wurst ist es für den Sachverständigen von Interesse zu wissen, welche Wurstsorten am meisten der Verfälschung mit Pferdefleisch verdächtig sind. Nach Borchmann kommen hierfür folgende Merkmale in Betracht: Einmal die dunkelbraunrote oder karminrote Farbe und ferner der süßliche Geschmack. Außerdem ist nach diesem Autor die Schnittfläche der mit Pferdefleisch versetzten Würste mattglänzender, stumpfer als bei den aus Rind- und Schweinefleisch hergestellten Würsten und die Bruchfläche enthält sehr viele trockene, dünne, zähe, daher beim Durchbrechen der Wurst sich langausziehende Fleischfasern. Verdächtig erscheinen nach seinen Untersuchungen auch die Würste, bei denen die Verarbeitung des verwendeten Fleisches feiner ist,

als sie gewöhnlich bei der betreffenden Wurstsorte üblich ist. Verdächtig sollen auch die Würste sein, die bei oberflächlicher Betrachtung regelrecht verarbeitet erscheinen, bei genauerer Prüfung aber zwischen grob verarbeitetem Fleisch auffällig fein verarbeitetes Fleisch erkennen lassen, das in Gestalt von braunroten Pünktchen wahrnehmbar ist. Im allgemeinen verdächtig auf Pferdefleischzusatz ist weiterhin jede Wurst, bei der die gute Verarbeitung in keinem Verhältnis zu dem geringen Preise steht. Von den aufgezählten Merkmalen ist am wenigsten auf den braunroten Farbenton und auf den süßlichen Geschmack zu geben; denn bezüglich der Farbe sei erwähnt, daß es Pferdewürste gibt, die durch gleichzeitige Verfälschung mit fötalem und unreifem Kalbfleisch einen helleren Ton angenommen haben können, und daß andererseits Würste, zu deren Herstellung das Fleisch von Bullen oder von alten „trockenen Kühen“ verwandt wurde, gleichfalls den für Pferdefleischzusatz charakteristischen braunroten Farbenton aufweisen. Was den süßlichen, auf dem Gehalt von Glykogen oder Traubenzucker beruhenden Geschmack des Pferdefleisches betrifft, so sei bemerkt, daß in Berlin vielfach ein Zusatz von Rohrzucker zur Wurstmasse üblich ist (Ostertag).

Ist auf den makroskopischen Befund der verdächtigen Wurst, sowie auf die anderen Verdachtsmomente bezüglich der Diagnose auf Pferdefleisch kein allzugroßes Gewicht zu legen, so sind sie doch von nicht zu unterschätzender Bedeutung. So konnten wir von 84 verschiedenen Wurstproben, bei denen der makroskopische Befund, sowie andere Verdachtsmomente für den Zusatz von Pferdefleisch sprachen, in 35 Fällen mit Hilfe der biologischen Methode den sicheren Nachweis von Pferdefleisch erbringen, während wir dagegen bei 171 Wurstproben, die wahllos ohne Rücksicht auf den makroskopischen Befund aus einzelnen Geschäften Berlins entnommen waren, nur in 10 Fällen positive Resultate erhielten.

Um bei der Wurstuntersuchung auf biologischem Wege alle Fehlerquellen ausschalten zu können, ist es für den Sachverständigen auch wichtig zu wissen, wie die Wurst hergestellt wird, denn es wäre z. B. wohl denkbar, daß die ihr zugefügten Gewürze den Ausfall der Reaktion irgendwie störend beeinflussen könnten.

Die als solche in den Handel gebrachte Pferdewurst wird nach Borchmann in Norddeutschland gewöhnlich in 4 Sorten hergestellt:

1. Als Schlackwurst im Rinderschloßdarm. Das Wurstgut besteht aus 25 Pfd. Pferdefleisch, 10 Pfd. Schweinefett und 4 Pfd. Rindertalg. Als Gewürz dienen 100 g gemahlener und 100 g ganzer, weißer Pfeffer, 50 g Salpeter und $^1/_2$ Pfd. Salz.

2. Als Salami in sogenannten Hammelkappen. Sie besteht aus 25 Pfd. Pferdefleisch, 14 Pfd. Schweinefett, 4 Pfd. Rindertalg. Die Würzung ist genau, wie bei 1. unter Hinzufügung von 5 g Knoblauch.

3. Als Mettwurst in engem Rinderdarm. Das Wurstgut enthält 20 Pfd. Pferdefleisch, 14 Pfd. Rindertalg und 6 Pfd. Schweinefett. Als Gewürz kommt hinzu 1 Pfd. Salz, 50 g ganzer, weißer Pfeffer, 10 g ganzer Kümmel und etwa 5 g Knoblauch.

4. Als polnische Bratwurst in engem Schweinedarm. Sie setzt sich zusammen aus 20 Pfd. Pferdefleisch, 4 Pfd. Rindertalg, 10—12 Pfd. Schweinefett. Die Würzung ist wie bei 1. unter Hinzufügung von 10 g gemahlenem Koriander und 10 g Majoran.

Die polnische Bratwurst wird im gekochten Zustande genossen, während die übrigen Sorten in der Regel geräuchert aber sonst roh gegessen werden.

Da die so hergestellten, aber nicht als solche deklarierten Pferdewürste sehr leicht den Verdacht auf Pferdefleischzusatz erwecken würden, so wird in der Praxis von derartig plumpen Verfälschungen meist abgesehen. Es wird vielmehr statt des ganzen Pferdefleisches nur prozentualiter das Rindfleisch durch Pferdefleisch ersetzt. In dieser Weise werden in nicht seltenen Fällen die Dauerwürste, zuweilen auch die Brat-, Brüh- und Kochwürste mit Pferdefleisch verfälscht.

Wie aus den obigen Zahlen ersichtlich, ist die Menge von Gewürz, die bei der Herstellung der brauchbaren Untersuchungsflüssigkeit mit in Lösung übergeht, verhältnismäßig gering. Daß sie den Ausfall der Präzipitin-Reaktion durchaus nicht schädigend beeinflußt, selbst wenn man die zehnfache Gewürzmenge zusetzt, davon haben wir uns durch zahlreiche ad hoc angestellte Versuche überzeugen können.

Bei der Anwendung der biologischen Methode auf Pferdefleisch verdächtige Wurstarten, die im übrigen genau in der oben angegebenen Weise auszuführen ist. sind folgende Punkte besonders zu berücksichtigen.

Das Material für die Untersuchnng wird zweckmäßig aus der Mitte der dicksten Stelle der Wurst entnommen, da hier am wenigsten eine durch Räuchern oder Kochen hervorgerufene Eiweißschädigung zu befürchten ist. Um eine möglichst gleichmäßige Auslaugung der in der Wurst enthaltenen verschiedenen Eiweißkörper zu erhalten, und um in leicht gekochter Wurst etwa noch vorhandene lösliche Eiweißkörper leichter zur Auslaugung zu bringen, empfiehlt es sich, die Wurst, ehe die 0,85%ige Kochsalzlösung zugesetzt wird, möglichst fein zu zerkleinern, was eventuell durch Zerreiben in einem Mörser geschehen kann. Die Auslaugungsfähigkeit der einzelnen Wurstsorten ist ganz verschieden; bei magerer Wurst, die durch Räuchern wenig gelitten hat, kann man bereits nach 1 Stunde die nötige Eiweißlösung erhalten, während andererseits leichtgekochte Würste oftmals 2 Tage auslaugen müssen. In diesen Fällen, ebenso bei halbgar gebratenem Fleisch, sogenanntem engl. Beefsteak, empfiehlt es sich nach Abgießen des Auszuges die Fleischstücke durch ein Koliertuch auszupressen und den so erhaltenen Preßsaft mit der vorher abgegossenen Flüssigkeit zu mischen. Bei reichlichem Fettgehalt der Wurst empfehlen Mießner und Herbst, das Fett vor Ansetzen der Testflüssigkeit erst 24 Stunden mit Äther oder mit Chloroform zu extrahieren. Äther hat nach ihren Angaben den Vorteil, daß er bei längerem Stehenlassen der Lösungen diese noch nach Monaten vollkommen klar läßt und sie für den Versuch geeignet hält. Die Herstellung eines klaren Filtrats ist bei dem Wurstauszug viel schwieriger wie bei einem von reinem mageren Fleisch gewonnenen Eiweißauszug; mit Papierfiltern kommt man dabei in den meisten Fällen nicht zum Ziele. Anstatt der teueren Berkefeldschen Kieselgurkerzen bedient man sich hier besser der oben beschriebenen Filtration mit ausgeglühter Kieselgur.

Die Hauptbedingung für die biologische Untersuchung auf Pferdefleisch in der Wurst ist ein hochwirksames Antiserum, denn man hat wohl zu berücksichtigen, daß die in der oben beschriebenen Weise hergestellte Eiweißver-

dünnung von 1 : 300 keine reine Pferdeeiweißlösung darstellt, sondern von den verschiedenen in der Wurst enthaltenen Eiweißstoffen herrührt. Bestand z. B. die zu untersuchende Wurst aus 3 Teilen Rindfleisch und 1 Teil Pferdefleisch, so würde, aber auch nur unter der Voraussetzung, daß sich beide Eiweißstoffe gleich gut gelöst hätten, eine Eiweißlösung von 1 : 300 einer Pferdeeiweißlösung von nur 1 : 1200 entsprechen. Ein spezifisches Serum, das den von Uhlenhuth verlangten Anforderungen entspricht, d. h. das noch in Pferdeserum-Verdünnungen von 1 : 20000 wirksam ist, würde für die Praxis in allen Fällen ausreichen, da hier unter 10% Pferdefleischzusatz kaum vorkommt. Selbst bei 5% Pferdefleischzusatz haben wir den biologischen Nachweis von Pferdefleisch ohne Schwierigkeiten erbringen können.

Da wir bei den Untersuchungslösungen absolut keinen Anhalt haben, wieviel Pferdefleischeiweiß darin gelöst ist, so läßt sich hier über das Einsetzen, Stärke und Dauer der Reaktion keine ganz bestimmte Zeitangabe machen; es können oft noch nach 10 Minuten spezifische Trübungen auftreten. Bei faulenden Würsten ist es angezeigt, die Filtration mit bakteriendichten Filtern vorzunehmen und außerdem würde es sich hierbei empfehlen als weitere Kontrolle noch ein Röhrchen mit reiner Wurstlösung ohne Zusatz von Serum anzusetzen, um eventuell eine spontan in der Wurstlösung auftretende Trübung, die eine positive Reaktion vortäuschen könnte, zu erkennen.

Auch empfiehlt es sich, bei der Wurstuntersuchung eine Kontrolle mit nicht Pferdefleisch enthaltender Wurst anzusetzen.

Daß die biologische Methode, in der angegebenen Weise ausgeführt, sichere und einwandsfreie Resultate liefert, steht außer Zweifel. Wir untersuchten zahlreiche Würste von bekannter Zusammensetzung, ohne diese aber beim Beginn unserer Untersuchung selbst zu kennen. In jedem Falle konnten wir die Pferdefleisch enthaltenden Würste sicher herausfinden.

Eine weitere wichtige praktische Anwendung des biologischen Verfahrens dürfte in Frage kommen bei der Untersuchung von Nährpräparaten, bei denen der Verdacht auf Pferdefleisch- oder Pferdeblutzusatz besteht. Daß man mit der Methode bei derartigen Präparaten, vorausgesetzt, daß sich mittels 0,85%iger Kochsalzlösung die für die Reaktion erforderlichen Eiweißstoffe extrahieren lassen, zum Ziele kommen kann, haben diesbezügliche Versuche, an denen sich auch Herr Stabsarzt Stier beteiligt hat, gezeigt. So konnten wir den Nachweis führen, daß das im Handel erhältliche Hämatogen (Hommel) und Hämoglobin Rindereiweiß enthält. Dagegen war es uns bei dem Fleischsaft „Puro“, der aus Preßsaft von frischem Ochsenfleisch hergestellt sein soll, nicht möglich, bei Rinderantiserumzusatz eine spezifische Reaktion zu erzielen, trotzdem chemisch Eiweiß nachgewiesen werden konnte[1]). Weitere Untersuchungen in dieser Richtung sind im Gange.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß die biologische Methode, für die Nahrungsmittelkontrolle angewandt, nicht nur zum Nachweis von Pferdefleisch dienen

---

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Die unserer Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen waren bereits im Januar 1908 abgeschlossen. Inzwischen ist auch von Gruber und Horiuchi derselbe Befund erhoben. Sie stellten weiterhin fest, daß „Puro“ Hühnereiweiß enthält (s. Münch. med. Wochenschr. 1908, Nr. 17), was auch wir bestätigen können.

kann, sondern daß sie auch zur Erkennung der Verfälschungen von Fleisch- und Wurstwaren mit anderen minderwertigen Fleischsorten wie Hunde-, Katzenfleisch usw., deren Nachweis auf andere Weise bisher nicht möglich ist, in Betracht kommen würde.

Zum Schluß noch einige Worte über die Verwertbarkeit der Komplementbindungsmethode zum Nachweis von Pferdefleisch für die Fleischbeschau- und Nahrungsmittel-Untersuchung. Diese Methode ist neuerdings von Neißer und Sachs zur Ergänzung der Präzipitinmethode bei der forensischen Blutdifferenzierung in Vorschlag gebracht worden. Die sogenannte Komplementbindung, die von Bordet, Gengou und Moreschi zuerst beobachtet und beschrieben wurde, ist in ihrem Wesen und Zustandekommen noch keineswegs geklärt. Soviel steht jedoch fest, daß in der Regel beim Zusammentreffen von Präzipitin und präzipitabler Substanz gleichzeitig vorhandenes hämolytisches Serum seiner hämolytischen Funktion beraubt wird. Der für die Auflösung der Blutkörperchen nach den Ehrlichschen Anschauungen in erster Linie in Betracht kommende Faktor, das Komplement, wird abgelenkt resp. gebunden.

Da, wo eine Präzipitinwirkung stattgefunden hat, wird man also in den zugleich ein hämolytisches System enthaltenden Röhrchen ein Ausbleiben der Blutauflösung beobachten und daher eine deckfarbene Blutaufschwemmung vor sich haben, in der sich die Blutkörperchen allmählich zu Boden senken, während die darüber stehende Flüssigkeit vollkommen klar und farblos bleibt. Da, wo keine Präzipitinwirkuug zustande gekommen ist, konstatiert man dagegen vollständige Hämolyse, die in einer lackfarbenen roten Blutlösung deutlich zum Ausdruck kommt.

Diese Farben-Reaktion ist im höchsten Maße eklatant und in Fällen, wo die Präzipitinreaktion in sehr starken Verdünnungen nur noch angedeutet ist, dokumentiert sich der positive Ausfall der Ablenkungsmethode noch in auffallender Weise durch Ausbleiben der Hämolyse.

Friedberger zeigte, daß manche Antisera so stark wirken, daß sie noch 1/1000000000 ccm Menschenblut nachzuweisen gestatten. Dieses Serum wirkte bei seiner Hochwertigkeit auch auf Menschenschweiß noch in einer Verdünnung von 1 : 10000.

Infolge der außerordentlichen Empfindlichkeit der Methode haben Schütze und Wassermann dieselbe für die Differenzierung minderwertiger Fleischarten in gekochten Würsten empfohlen. Die diesbezüglichen Untersuchungen von Schütze haben gezeigt, daß sich die Methode hier gut verwerten läßt.

Wir können hier auf die Einzelheiten der Methodik nicht näher eingehen. Auf Grund unserer Untersuchungen sind wir zu der Ansicht gelangt, daß diese Methode in der Hand speziell geschulter Sachverständiger wohl für die Untersuchung reiner Eiweißstoffe in Gemischen (Bauer und Sachs) brauchbare Resultate ergibt, daß sie aber in der Praxis, wo es sich um unqualifizierbare Fleischgemische handelt, wegen ihrer kaum noch übersehbaren Fehlerquellen, ihrer außerordentlich schwierigen Handhabung nur mit allergrößter Vorsicht anzuwenden ist. Bei der Anwendung der Komplementablenkung zum Nachweise von Pferdefleisch in der Wurst und anderen Fleischgemischen ist es besonders störend, daß viele zur Konservierung von Fleisch verwandte Stoffe, wie z. B. Salpeter, Präservesalz, Pökellake usw. bereits ohne

Zusatz von spezifischem Serum in den in Frage kommenden Verdünnungen eine Ablenkung bezw. starke Hemmung hervorrufen. Auch konnten wir zeigen, daß zahlreiche Gewürze an sich das Komplement binden. Bei Anwendung der notwendigen Kontrollen wird man ja stets diese Fehlerquelle erkennen. Aber vielfach ist die Reaktion wegen der störenden und ungleichmäßig in der Wurst verteilten ablenkenden Substanzen nicht ausführbar, zumal wenn z. B. in gekochten Würsten der geringe extrahierbare Eiweißgehalt eine weitere Verdünnung zur evtl. Beseitigung der störenden ablenkenden Faktoren nicht zuläßt. In der Praxis wird man mit der Präzipitinmethode stets auskommen, zumal da bei den Verfälschungen in der Regel mit genügenden Mengen von Pferdefleisch zu rechnen ist. Will man die Komplementbindungsmethode anwenden, so kann sie nur wie bei der forensischen Blutuntersuchung bei positivem Ausfall der Präzipitinmethode als Ergänzung dienen, bei negativem Ausfall der Präzipitinmethode ist ihr positiver Ausfall in der Praxis unserer Ansicht nach nicht entscheidend.

Was nun die quantitative Eiweißbestimmung mit Hilfe der Präzipitinmethode betrifft, eine Methode, die Nuttall 1902 entdeckt und die neuerdings von Schulz auf das Gebiet der Nahrungsmitteluntersuchung übertragen worden ist, so hat sie für die Praxis wenig Bedeutung, da sie nur unter außerordentlich günstigen Bedingungen wirksam sein kann. Das Prinzip der quantitativen Bestimmung ist folgendes. Mit einer Serum- oder Blutlösung wird genau der Titer eines Antiserums festgestellt und die Verdünnung, bei der nach einer gewissen Zeit (30 Minuten) nach Zusatz des Antiserums eine Trübung auftritt, bestimmt. Von der zu untersuchenden brauchbaren Auslaugungsflüssigkeit werden dann progressiv Verdünnungen angestellt. Die Lösung nun, in der nach 30 Minuten eine Trübung auftritt, hat dann dieselbe Konzentration, wie jene, nach deren Wertigkeit das Serum berechnet war. Mit Hilfe des Gewichts des Fleischgemisches und der verbrauchten Kochsalzlösung bei einer genau bekannten Verdünnung soll sich nach Schulz die Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials mit geringen Abweichungen vom wirklichen Werte stets quantitativ ermitteln lassen. Soll diese Methode einwandsfrei sein, so müssen zwei Vorbedingungen erfüllt sein:

1. In der zu untersuchenden Fleischeiweißlösung müssen sämtliche löslichen Eiweißkörper der einzelnen Fleischsorten auch wirklich gelöst sein.

2. In gleich großen Stücken einer Fleischsorte — gleichgültig ob fett oder mager — müssen gleiche Mengen löslicher Eiweißkörper vorhanden sein.

Diese Vorbedingungen werden erfüllt bei Blutgemischen, falls nicht die einzelnen Blutsorten vor der Mischung Verluste ihrer löslichen Eiweißkörper erlitten haben; auch bei Fleischmengen, die von gleich frischen und mageren Fleischsorten hergestellt sind, würden die Voraussetzungen annähernd zutreffen, wie das die Schulzschen Laboratoriumsversuche gezeigt haben.

Ganz anders verhält sich aber eine quantitative Bestimmung der Wurst auf Pferdefleisch in der Praxis, wo kein Anhalt dafür gegeben ist, ob zur Mischung fettes oder mageres Fleisch benutzt wurde, oder ob bei den einzelnen Fleischsorten vor der Mischung, sei es durch Fäulnis, starkes Räuchern oder leichtes Kochen, Zerstörungen der löslichen Eiweißkörper eingetreten waren. Für das Nahrungsmittelgesetz würde

praktisch selbst eine brauchbare quantitative Bestimmung von Pferdefleisch in der Wurst kaum ernstlich in Frage kommen, da der Begriff der Verfälschung hierbei ganz unabhängig von der Quantität des verbotenen Fleisches ist.

Anhang.

Wortlaut des § 16 Abs. 3 der Anlage a zu den am 1. April 1908 in Kraft getretenen Ausführungsbestimmungen D zum Fleischbeschaugesetz (Zentralblatt für das Deutsche Reich 1908, S. 26): Beim Vorliegen des Verdachtes verbotswidriger Einfuhr von zubereitetem Einhuferfleisch (§ 2 Abs. 1 Nr. 4) ist die biologische Untersuchung *) auszuführen. Sofern diese Untersuchung, z. B. bei ungeeigneter Beschaffenheit des Materials, nicht zu einem entscheidenden Ergebnisse führt, ist die chemische Untersuchung (Anlage 0 zu den Ausführungsbestimmungen D, Erster Abschnitt unter I) vorzunehmen."

*) Zur Ausführung der biologischen Untersuchung auf Pferdefleisch und anderes Einhuferfleisch sind mit einem ausgeglühten oder ausgekochten Messer aus der Tiefe des verdächtigen Fleischstückes etwa 30 g Muskelfleisch, möglichst ohne Fettgewebe, von einer frisch hergestellten Schnittfläche zu entnehmen und auf einer ausgekochten, mit ungebrauchtem Schreibpapiere bedeckten Unterlage durch Schaben mit einem ausgekochten Messer zu zerkleinern. Die zerkleinerte Fleischmasse wird in ein ausgekochtes oder sonst durch Hitze sterilisiertes, etwa 100 ccm fassendes Erlenmeyersches Kölbchen gebracht, mit Hilfe eines ausgekochten sterilisierten Glasstabes gleichmäßig verteilt und mit 50 ccm sterilisierter 0,85%iger Kochsalzlösung übergossen. Gesalzenes Fleisch ist zuvor in einem größeren sterilisierten Erlenmeyerschen Kolben zu entsalzen, indem man es mit sterilem destillierten Wasser übergießt und letzteres ohne zu schütteln während 10 Minuten mehrmals erneuert. Das Gemisch von Fleisch und 0,85%iger Kochsalzlösung bleibt zur Ausziehung der im Fleische vorhandenen Eiweißsubstanzen etwa drei Stunden bei Zimmertemperatur oder über Nacht im Eisschranke stehen und darf, um eine klare Lösung zu erhalten, nicht geschüttelt werden. Zur Feststellung, ob die für die Untersuchung nötige Menge Eiweiß in Lösung gegangen ist, sind etwa 2 ccm der Ausziehungsflüssigkeit in ein sterilisiertes Reagensglas zu gießen und tüchtig durchzuschütteln. Entwickelt sich dabei ein feinblasiger Schaum, der längere Zeit stehen bleibt, so ist der Auszug verwendbar. Die zu untersuchende Eiweißlösung muß für die Ausführung der biologischen Untersuchung wie alle übrigen zur Verwendung kommenden Flüssigkeiten vollständig klar sein. Zu diesem Zwecke muß der Fleischauszug filtriert werden, und zwar entweder durch gehärtete Papierfilter, oder, wenn hierbei ein klares Filtrat nicht erzielt wird, durch ausgeglühten Kieselgur auf Büchnerschen Trichtern oder auch durch Berkefeldsche Kieselgurkerzen. Das Filtrat ist für die weitere Prüfung geeignet, wenn es wie der unfiltrierte Auszug beim Schütteln schäumt und außerdem eine Probe (etwa 1 ccm) beim Kochen nach Zusatz eines Tropfens Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,153 eine opalisierende Eiweißtrübung gibt, die sich nach etwa 5 Minuten langem Stehen als eben noch erkennbarer flockiger Niederschlag zu Boden senkt. Dann besitzt das Filtrat die für die biologische Prüfung zweckmäßigste Konzentration des Eiweißes in der Ausziehungsflüssigkeit (etwa 1 : 300). Ist das Filtrat zu konzentriert, so muß es so lange mit sterilisierter Kochsalzlösung verdünnt werden, bis die Salpetersäure-Kochprobe den richtigen Grad der Verdünnung anzeigt. Ferner soll das Filtrat neutral, schwach sauer oder schwach alkalisch reagieren.

Von der filtrierten, neutral oder schwach alkalischen, völlig klaren Lösung wird mit ausgekochter oder anderweitig durch Hitze sterilisierter Pipette je 1 ccm in zwei Reagensröhrchen von je 10 cm Länge und 0,9 cm Durchmesser (Röhrchen 1 und 2) gebracht. In ein Röhrchen 3 wird 1 ccm eines ebenfalls klaren, neutral oder alkalisch reagierenden, aus Pferdefleisch in gleicher Weise hergestellten Filtrats eingefüllt. Weitere Röhrchen 4 und 5 werden mit je 1 ccm einer ebenso hergestellten Schweine- und Rindfleischlösung beschickt. In ein Röhrchen 6 wird 1 ccm sterilisierter 0,85%iger Kochsalzlösung gegossen. Die Röhrchen werden in ein kleines, passendes Reagensgestell eingehängt. Sie müssen vor dem Gebrauch ausgekocht oder anderweitig durch Hitze sterilisiert und vollkommen sauber

sein. Zum Einfüllen der verschiedenen Lösungen in die einzelnen Röhrchen sind je besondere sterilisierte Pipetten zu benutzen. Zu den, wie angegeben, beschickten Röhrchen wird, mit Ausnahme von Röhrchen 2, je 0,1 ccm vollständig klares, von Kaninchen gewonnenes, Pferdeeiweiß ausfällendes Serum von bestimmtem Titer so zugesetzt, daß es an der Wand des Röhrchens herabfließt und sich auf seinem Boden ansammelt. Zu Röhrchen 2 wird 0,1 ccm normales ebenfalls völlig klares Kaninchenserum in gleicher Weise gegeben. Die Röhrchen sind bei Zimmertemperatur aufzubewahren und dürfen nach dem Serumzusatze nicht geschüttelt werden.

Beurteilung der Ergebnisse. Tritt in Röhrchen 1 ebenso wie in Röhrchen 3 nach etwa 5 Minuten eine hauchartige, in der Regel am Boden des Röhrchens beginnende Trübung auf, die sich innerhalb weiterer 5 Minuten in eine wolkige umwandelt und nach spätestens 30 Minuten als Bodensatz absetzt, während die Lösungen in den übrigen Röhrchen völlig klar bleiben, so handelt es sich um Pferdefleisch (oder anderes Einhuferfleisch). Später entstehende Trübungen dürfen als positive Reaktion nicht aufgefaßt werden. Zur besseren Feststellung der zuerst eintretenden Trübung können die Röhrchen bei auffallendem Tages- oder künstlichem Lichte betrachtet werden, indem hinter das belichtete Reagensglas eine schwarze Fläche (z. B. schwarzes Papier oder dergl.) geschoben wird.

Das ausfällende Serum muß einen Titer 1 : 20 000 haben, d. h. es muß noch in der Verdünnung 1 : 20 000 in einer Lösung von Pferdeblut-Serum binnen 5 Minuten eine beginnende Trübung herbeiführen. Derartiges Serum ist bis auf weiteres vom Kaiserlichen Gesundheitsamte erhältlich. Das Serum wird in Röhrchen von 1 ccm Inhalt versandt. Getrübtes oder auch nur opalisierendes Serum ist nicht zu verwenden. Serum, das durch den Transport trüb geworden ist, darf nur gebraucht werden, wenn es sich in den oberen Schichten binnen 12 Stunden vollkommen klärt, so daß die trübenden Bestandteile entfernt werden können. Zur Untersuchung soll stets nur der Inhalt eines Röhrchens, nicht dagegen eine Mischung mehrerer Röhrchen verwendet werden.

Ausführliche Zusammenstellung der Stoffe und Geräte, die für den biologischen Nachweis von Pferdefleisch notwendig bezw. wünschenswert erscheinen.

I. Auslaugen des Untersuchungsmaterials.

1. Erlenmeyer-Kolben zu 100 g für die Auslaugung des Materials.
2. Fettstifte zur genauen Bezeichnung der einzelnen Kölbchen.
3. Ungebrauchte Konzeptpapier-Unterlagen für die jedesmalige Untersuchungsprobe.
4. Skalpelle zur Entnahme und Zerkleinerung des Untersuchungsmaterials.
5. Kleines Wiegemesser zum Zerkleinern des Untersuchungsmaterials.
6. Scheren zum Zerkleinern des Untersuchungsmaterials.
7. Bunsenbrenner mit Sparflamme zum Abglühen der Instrumente.
8. Glasstäbe zur gleichmäßigen Verteilung des Untersuchungsmaterials auf dem Boden der Erlenmeyer-Kölbchen.
9. Glasmesser oder Glasfeile zur Herstellung der Glasstäbe.
10. Flasche mit steriler 0,85 %iger Kochsalzlösung, zur Auslaugung des Untersuchungsmaterials.
11. Handwage zum Abwiegen des Untersuchungsmaterials.
12. Flasche mit destilliertem Wasser zur ev. Entsalzung des Untersuchungsmaterials.
13. Meßzylinder zu 50 ccm zur Abmessung der Kochsalzlösung.
14. Eisschrank zum Aufbewahren des Untersuchungsmaterials, der Untersuchungsflüssigkeiten und Antisera.

II. Klärung der Untersuchungsflüssigkeiten.

15. Gewöhnliche Reagensgläser 160/16 mm.
16. Reagensglasgestell für große Reagensgläser.
17. Weiße Glastrichter von 50 mm Durchmesser und mit schrägem Ablauf.

18. Gehärtete Papierfilter von 70 mm Durchmesser nach Schleicher & Schüll Nr. 575, 603 oder 605.

19. Büchnersche Trichter. Durchmesser 50 mm.

20. Saugflasche mit durchlochtem Gummistopfen für den Büchnerschen Trichter passend.

21. Filtrierpapier zur Einlage auf die Trichterplatte.

22. Flasche mit ausgeglühter Kieselgur.

23. Saugpumpe mit Gummischlauchverbindung für den Wasserleitungshahn, Gefällschlauch für die Saugpumpe, Rückschlagventil und Dreiwegehahn aus Glas.

24. Mikrofiltrierapparat mit Silberschmidtkerze und Stativ hierzu, mit zwei Haltern und einem Ring. (Zur Filtration kleinster Mengen Untersuchungsflüssigkeit.)

25. Eine anatomische Pinzette zur sterilen Herausnahme des Filtrats aus der Saugflasche.

III. Herstellung der für die biologische Reaktion geeigneten Eiweißlösungen und die Reaktion selbst.

26. Rotes und blaues Lackmuspapier zur Prüfung der Reaktion der Untersuchungsflüssigkeit.

27. Flasche mit 0,1%iger Sodalösung oder Magnesiumoxyd zur Neutralisation der Untersuchungsflüssigkeiten.

28. Tropfflasche mit Salpetersäure spez. Gew 1,153 für die Salpetersäure-Kochprobe.

29. Kleine Reagensröhrchen 100/9 mm für die Ansetzung der biologischen Reaktion.

30. Reagensglasgestell nach Uhlenhuth zur Ausführung der Reaktion.

31. Feinpipetten (zum Ausblasen) zu 1 ccm mit 100 Teilstrichen zum Einfüllen der für die biologische Reaktion notwendigen Reagentien.

32. Glasröhren von 5 mm Durchmesser zur Herstellung von Kapillarpipetten.

33. Gebläselampe mit Wasserstrahlgebläse und Asbestunterlage zum Ausziehen der Glasröhren zu Kapillarpipetten.

34. Uhrschälchen oder Glasklötze zum Kalibrieren der Kapillarpipetten.

35. Pipetten zu 10 ccm zur quantitativen Verdünnung der Eiweißlösungen mit Kochsalz.

36. Pipettenbüchse zur Aufnahme und Sterilisation der Pipetten

37. Kleine Gläser (Schnapsgläser) zum Hineinstellen der mit spezifischem Serum gefüllten Röhrchen.

38. Schwarze Tafel zur Beobachtung der spezifischen Reaktion.

39. Doppelschalen von 22 cm Durchmesser zur Aufnahme der gebrauchten Utensilien und Reagenzien.

40. Wassergläser mit Watteeinlage zur Aufnahme der mit Untersuchungsflüssigkeit gefüllten Reagensröhrchen.

41. Weiße, entfettete Watte.

42. Standzylinder ohne Ausguß zum Hineinstellen der gebrauchten Pipetten.

IV. Reinigen und Trocknen der bei der Reaktion gebrauchten Geräte.

43. Abwaschschüssel aus Steingut.

44. Soda zur Herstellung der zur Reinigung der Gläser gebrauchten Sodalösung.

45. Reagensglasbürste mit Drahtstiel zum Reinigen der großen Reagensgläser.

46. Gänsefederposen zum Reinigen der Uhlenhuthschen Röhrchen.

47. Rohe Schwefelsäure zum Reinigen der Glasgeräte.

48. Ballon mit destilliertem Wasser zum Nachspülen der gereinigten Uhlenhuthschen Röhrchen.

49. Trockengestell für gewöhnliche Reagensröhrchen.

50. Trockengestell für Uhlenhuthsche Röhrchen.

V. Sterilisation der Geräte.

51. Nicht entfettete braune Watte zum Stopfen der Reagensröhrchen, Erlenmeyer-Kolben usw.

52. Heißluftsterilisator zur Sterilisation der Glasgeräte.

53. Drahtkörbe für große und kleine Reagensgläser.

54. Kochscher Dampftopf zur Sterilisation der Filtrierapparate.

VI. Die zur Herstellung der spezifischen Sera erforderlichen Geräte.

55. Kanülen zur Blutentnahme größerer Tiere.

56. Coopersche Schere zur Entfernung der Haare der Tiere über der Injektionsstelle.

57. Flasche mit 96%igem Alkohol zur Desinfektion der Injektionsstelle.

58. Blutzylinder mit Blutkuchenbeschwerer und Deckel.

59. Petrischalen zur Antrocknung von Blut oder Serum.

60. Wasserzentrifuge (nach Runne) zur Trennung von Blutkörperchen und Serum.

61. Porzellanmörser zum Zerreiben von angetrocknetem Injektionsmaterial.

62. Fleischpresse zur Herstellung von Fleischpreßsaft.

63. Transportkäfig für Kaninchen.

64. Kaninchenwage mit Gewichtsatz.

65 Ohrmarken zur Bezeichnung der Kaninchen.

66. Rasiermesser zum Rasieren der Impfstelle der Kaninchen bei intraperitonealer Impfung.

67. Injektionsspritzen.

68. Runde Präparatengläser mit eingeschliffenem Deckel zum Aufbewahren der Injektionsspritzen und Kanülen in Alkohol.

69. Kurze unten abgerundete Röhrchen zum Aufziehen des Injektionsmaterials in die Spritze.

70. Kaninchenkäfig zur Unterbringung der vorbehandelten Tiere.

71. Etiketten zur Bezeichnung der einzelnen Käfige.

72. Gebogene Nadeln mit Nadelhalter und Seide zur event. Blutstillung nach der Probeblutentnahme.

73. Instrumentenkocher.

74. Sektionsbrett für Kaninchen.

75. Flasche mit Chloroform zur Betäubung der Kaninchen.

76. Flasche mit Äther zur Betäubung der Kaninchen.

77. Große Skalpelle, Pipetten und Scheren zur Öffnung der Brusthöhle des Kaninchens.

78. Pipette von 20 ccm Inhalt mit unten möglichst weiter Öffnung zum Aufziehen des ungeronnenen Kaninchenblutes aus der Brusthöhle.

79. Blutzylinder von Größe eines großen Zentrifugenglases mit Blutkuchenbeschwerer zur Aufnahme des Blutes von mit Pferdeeiweiß vorbehandelten Kaninchen und Auspressen des spezifischen Serums.

80. Platinnadeln oder Platinspatel oder Glasspatel zum Lösen des geronnenen Blutes von der Wandung des Zylinders.

81. Serum-Filtrier-Abfüllapparat nach Uhlenhuth-Weidanz kompl., oder modifizierter Serum-Filtrier-Abfüllapparat nach Uhlenhuth-Weidanz kompl.

82. Braune Röhrchen zum Einfüllen der spezifischen Sera.

83. Glasätztinte mit Filzuntersatz zur Bezeichnung der Serumröhrchen.

* Die für die Ausführung des biologischen Verfahrens spezifischen Apparate sind von der Firma F. u. M. Lautenschläger-Berlin angefertigt und von dort zu beziehen.

Literaturverzeichnis.

Uhlenhuth, Das biologische Verfahren zur Erkennung und Unterscheidung von Menschen- und Tierblut, sowie anderer Eiweißsubstanzen und seine Anwendung in der forensischen Praxis. Verlag von Gustav Fischer, Jena 1905.

Ostertag, Handbuch der Fleischbeschau 1902.

Jess, Anleitung zum Nachweis von Wurstverfälschungen und ihre Bedeutung für die Fleischuntersuchung. Berlin. tierärztl. Wochenschrift 1903, Nr. 23.

Miessner und Herbst, Die Serumagglutination und ihre Bedeutung für die Fleischuntersuchung. Archiv f. wissenschaftl. und praktische Tierheilkunde 1902, Bd. 28, Heft 3 u. 4.

Nötel, Über ein Verfahren zum Nachweis von Pferdefleisch. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 1902, Bd 39.

Ruppin, Zum Nachweis von Pferdefleisch. Zeitschrift f. Nahrungs- und Genußmittel 1902, I, S. 356.

v. Rigler, Die Serodiagnose in der Untersuchung der Nahrungsmittel. Österr. Chemiker-Zeitung 1902, Nr. 5.

Piorkowski, Die spezifischen Sera. Zentralbl. f. Bakteriol. 1902, Bd. 31, S. 550.

Derselbe, Berliner tierärztl. Wochenschr. 1902, Nr. 10.

Derselbe, Berliner deutsche pharm. Gesellschaft 1902, Heft 1.

A. Schütze, Weitere Beiträge zum Nachweis verschiedener Eiweißarten auf biologischem Wege. Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankh. 1901, Bd. 38.

Derselbe, Über die Anwendung der Ablenkung hämolytischer Komplemente zum Nachweis von Fleischverfälschungen. Medizin. Klinik 1906, Nr. 18, S. 467.

Pietrini, Beitrag zur Unterscheidung der Fleischsorten mittels präzipitierender Sera. La Clin. vet. 1904, Teil II, p. 165.

Pflüger, Die Ausführungsbestimmungen zum Reichsfleischbeschaugesetz vom 30. Mai 1902, betreffend den Nachweis des Pferdefleisches, müssen schleunigst geändert werden. Pflügers Archiv 1906.

Borchmann, Notwendigkeit der Untersuchung von mit Pferde-, Hunde-, Hirsch-, Renntierfleisch usw. verfälschter Fleisch- und Wurstwaren mittels der sogenannten biologischen Methode durch Tierärzte. Zeitschrift f. Fleisch- und Milchhygiene 1906, Heft 3.

Ostertag, Nachweis des Pferdefleisches nach den Ausführungsbestimmungen zum Reichsfleischbeschaugesetz. Zeitschrift f. Fleisch- und Milchhygiene 1906, Heft 11.

Schulz, A., Der quantitative Nachweis von Eiweißsubstanzen mit Hilfe der Präzipitinreaktion und seine Anwendung bei der Nahrungsmittelkontrolle. Zeitschrift f. Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel 1906, Bd. 12, Heft 5.

Schmidt, W. A., Untersuchungen über die Erzeugung hochwertiger Muskeleiweiß-Antisera für die Fleischdifferenzierung. Biochem. Zeitschrift 1907, Bd. V, Heft 5 u. 6.

Weidanz, Die Anwendung des biologischen Verfahrens zum Nachweis von Pferdefleisch. Zeitschrift f. Fleisch- und Milchhygiene 1907, Heft 3.

Vergleichende Untersuchungen über die praktische Verwertbarkeit der Präzipitinreaktion und der Komplementbindungsmethode zum Nachweis von Pferdefleisch.

Von

Dr. med. O. Weidanz,
Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

und

K. Borchmann,
Abteilungsvorsteher am Hygienischen Institut der Tierärztl. Hochschule zu Berlin.

In der Arbeit „Technik und Methodik des biologischen Verfahrens zum Nachweis von Pferdefleisch" von Uhlenhuth, Weidanz und Wedemann (1) ist bereits kurz auf die praktische Anwendung der Komplementbindungsmethode eingegangen. Die Verfasser kamen zu dem Schluß, daß dieses Verfahren in der Hand speziell geschulter Sachverständiger bei reinen Eiweißstoffen in Gemischen gute Resultate gäbe, daß es aber in der Praxis, wo es sich um unqualifizierbare Fleischgemische handle, wegen seiner kaum übersehbaren Fehlerquellen, sowie wegen seiner schwierigen Handhabung und Beurteilung nur mit allergrößter Vorsicht anzuwenden sei. Aus diesen Gründen könne wohl die Methode zur Ergänzung der Präzipitinreaktion mit herangezogen werden, vermöge aber letztere nicht zu ersetzen.

Daß diese Kritik ihre volle Berechtigung hat, soll in folgendem näher auseinandergesetzt und begründet werden.

Ehe wir auf unsere Versuche näher eingehen, wollen wir einige einleitende Bemerkungen über das Wesen und Zustandekommen der Komplementablenkungs- oder nach neuerer Bezeichnung Komplementbindungs-Methode vorwegschicken.

Bekanntlich haben Neisser und Sachs (2) das von Bordet (3), Gengou (4) und Moreschi (5) zuerst beobachtete und beschriebene Phänomen der Komplementablenkung dazu benutzt, um eine sehr empfindliche Methode des forensischen Blutnachweises darauf aufzubauen.

Bei dieser Methode wird die Diagnose der Herkunft des Blutes durch die Fähigkeit eines Gemisches von Bluteiweiß und des homologen Antiserums, Komplemente zu binden resp. abzulenken, ermittelt. Unter Komplementen versteht man bekanntlich Stoffe, die die Eigenschaft besitzen, die roten Blutkörperchen unter Mitwirkung anderer Serumsubstanzen (sog. Ambozeptoren) aufzulösen. Werden die roten Blutkörperchen gelöst, was dadurch zum sinnfälligen Ausdruck kommt, daß der rote Blutfarbstoff in die umgebende Flüssigkeit austritt und diese intensiv rot färbt, so ist das ein Beweis dafür, daß das Komplement, welches zu diesem Auflösungsprozeß ein not-

wendiger Faktor ist, noch frei verfügbar, also noch nicht gebunden war. Bleibt dagegen die Auflösung der roten Blutkörperchen aus, so ist dieser Vorgang umgekehrt ein Beweis dafür, daß das Komplement nicht mehr frei, sondern bereits gebunden resp. abgelenkt war. Obwohl die Komplementablenkung meist mit der Präzipitation Hand in Hand geht, so ist sie doch ihrem Wesen nach, wie das aus den neueren Untersuchungen immer mehr hervorgeht, verschieden.

Die Farben-Reaktion bei der Komplementablenkung ist natürlich augenfälliger als die, lediglich als grauweißer Niederschlag in die Erscheinung tretende Präzipitinreaktion. Auch da, wo die spezifische Trübung bei der letzteren nur sehr schwach oder kaum angedeutet sichtbar ist, tritt bei der Komplementbildungsmethode der positive Ausfall oft noch verhältnismäßig auffallend in Erscheinung. Diese Methode ist so empfindlich, daß es nach den Angaben der oben genannten Autoren fast stets gelang $^1/_{100000}$ ccm, zuweilen sogar noch $^1/_{1000000}$ ccm Menschenserum nachzuweisen.

Ähnlich wie die Präzipitinmethode ist auch das Neisser-Sachs'sche (Komplementbindungs-)Verfahren keine Blut-, sondern eine Eiweißdifferenzierungsmethode, und zwar die feinste, die wir zur Zeit zum Nachweis von Eiweißstoffen kennen. Gerade diese große Empfindlichkeit hat aber dazu geführt, die praktische Verwertbarkeit dieser neuen Methode für den forensischen Blutnachweis einzuschränken. Denn Friedberger (6) konnte zeigen, daß selbst die Spuren von Eiweiß, die im menschlichen Schweiß vorkommen, mit dieser Methode noch festgestellt werden konnten. Diese Tatsache ist besonders deshalb wichtig, weil in der gerichtsärztlichen Praxis diese Fehlerquelle nie ganz auszuschließen ist, wenn es sich um die Beurteilung der Frage handelt, ob ein Kleidungsstück mit Menschen- oder Tierblut befleckt ist.

Mit dem Uhlenhuthschen Verfahren teilt die Neisser-Sachs'sche Methode die Spezifität. Nach den Untersuchungen von Rickmann (7) und J. Bauer (8) erlaubt sie sogar die Eiweißdifferenzierung nicht nur, wie bereits erwähnt, empfindlicher und sinnfälliger, sondern auch spezifischer zu gestalten, als die Präzipitation.

Die Spezifität bei der Präzipitinreaktion ist wie bei allen Immunitätsreaktionen keine absolute, sondern nur eine relative (quantitative), denn in den stark konzentrierten heterologen Eiweißlösungen treten auch bei Zusatz hochwertigen spezifischen Antiserums leichte Trübungen auf, doch verlaufen diese Reaktionen bedeutend schwächer und langsamer, als in den stark verdünnten homologen Lösungen. Durch das von Uhlenhuth und Beumer (9) ausgearbeitete und in die forensische Praxis eingeführte Verfahren ist die Gefahr einer Täuschung durch heterologe Reaktionen indes ausgeschlossen. Da hier aber eine absolute, spezifische Reaktion nur bei Anwendung stark verdünnter Lösungen, sowie einer beschränkten Beobachtungsdauer erhalten wird, so würde eine Methode, bei der diese Beschränkungen fortfallen, für die Praxis ohne Frage von Bedeutung sein. Wir werden deshalb kurz auf die Versuche von Rickmann (7), Bauer (8) und Sachs-Bauer (10) eingehen.

Rickmann (7) fand bei seinen vergleichenden Spezifitätsprüfungen beider Methoden, daß ein von Kaninchen gewonnenes, Menscheneiweiß präzipitierendes Serum bei Verwendung der Komplementbindungsmethode Menschen- und Schweineblut in jeder Konzentration absolut spezifisch zu differenzen gestattete. Hierbei bewirkte das

Schweineserum, selbst in einer zehntausendfach stärkeren Konzentration als Menschenserum, beim Zusatz des spezifischen Serums (Antiserum) keine Komplementbindung. Bei Anwendung der Präzipitinreaktion war dagegen die Menge des Schweineserums, die mit Menschenantiserum eben noch präzipitierte, nur 100 mal so groß, als die hierzu erforderliche Menge Menschenserum.

J. Bauer (8), der die Untersuchungen Rickmanns fortsetzte, stellte weiter fest, daß auch bei Anwendung von Pferde-, Rinder-, Schweine- und Menschen-Antiseris dieselbe Überlegenheit der Ablenkungsreaktion in bezug auf die Spezifität bestehe. Diesen nach Verfasser praktisch noch wenig gewürdigten Vorzug vor der Präzipitinmethode führt er zum großen Teil darauf zurück, daß die bei der Komplementablenkung zur Anwendung gelangenden Antiserummengen erheblich geringer seien, als bei der Präzipitinreaktion. Eine wesentliche Verminderung des Antiserums sei bei letzterer nicht tunlich, da hierdurch auch die homologe Reaktion an Intensität so einbüße, daß ihre Wahrnehmung bei so starken Verdünnungen des Antigens, wie sie die forensische Praxis erfordere, nicht mehr möglich sei. Außerdem will Bauer, selbst bei Verwendung der gleich geringen Antiserummengen, wie er sie bei der Ablenkung benutzte, heterologe Trübungen wahrgenommen haben. Er kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Komplementbindungsmethode für die Differenzierung des homologen Eiweißes dem Uhlenhuthschen Verfahren überlegen sei. Praktisch könne es sehr wohl vorkommen, daß bei ganz dünnen Untersuchungslösungen die Präzipitinmethode bereits versage, während das Neisser-Sachssche Verfahren noch positiv ausfiele. Andererseits könnten bei negativem Ausfall der Komplementbindung bei der Präzipitation heterologe Trübungen auftreten. In beiden Fällen entspräche aber der Ausfall der Komplementbindungsmethode den tatsächlichen Verhältnissen.

Auf Grund dieser günstigen Resultate haben Sachs und Bauer (10) Differenzierungsversuche von Eiweiß in Gemischen verschiedener Eiweißarten angestellt. Sie sind dabei zu dem Ergebnis gekommen, daß der Nachweis von Eiweißbeimengungen in Lösungen einer anderen Eiweißart mittels der Präzipitation auf große Schwierigkeiten stoßen, ja, überhaupt unmöglich sein könne, daß dagegen das Komplementbindungsverfahren auch in diesen Fällen erfolgreich zum Ziele führe. Die Autoren sprechen daher dieser Methode in der forensischen Praxis für die Differenzierung des weniger konzentrierten Eiweißes in Gemischen verschiedener Eiweißarten große Bedeutung zu.

Da die genannten Forscher ihre Untersuchungen ausschließlich mit reinen Blut- oder Serumlösungen ausführten, war es wichtig festzustellen, ob die Komplementbindung auch in der Praxis ihre Überlegenheit gegenüber der Präzipitinmethode bewahrt.

Uhlenhuth (12) hat bezüglich der Anwendung der Komplementbindungsmethode für die gerichtliche Blutdifferenzierung als erster darauf hingewiesen, daß dabei in dem blutbefleckten Material Stoffe vorhanden sein können, die in nichtspezifischer Weise auch ohne Zusatz von Antiserum ablenkend wirken und dadurch die Reaktion störend beeinflussen.

Weiter wies er nach, daß diese nicht spezifische ablenkende Wirkung bei Verwendung des von Neisser und Sachs (13) zur Vereinfachung ihrer Methode angegebenen natürlichen hämolytischen Systems (Hammelblut und normales Kaninchenserum) stärker war als bei dem künstlichen.

Welcher Art diese ablenkenden Stoffe sind, läßt sich bis jetzt noch nicht mit Bestimmtheit sagen. Soviel steht jedoch fest, daß sie weder durch Kochen zugrunde gehen, noch durch Filtration mittels Berkefeldscher Kieselgurkerzen beseitigt werden können (Uhlenhuth).

Bei der praktischen Anwendung des Neisser-Sachs'schen Verfahrens ist noch zu berücksichtigen, daß es auch Antisera gibt, die schon allein in der für die Reaktion notwendigen Menge ablenken. Wenngleich es auch praktisch kaum in Frage kommen dürfte, so ist es doch von Interesse zu wissen, daß die durch Vorbehandlung von Vögeln gewonnenen Antisera nicht in allen Fällen das Komplement zu binden in der Lage sind (Moreschi 14), obwohl sie mit homologen Eiweißlösungen ein deutliches Präzipitat geben.

Wenn sich auch unter Verwendung einer großen Anzahl von Kontrollen bei Benutzung dieser Methode in der forensischen Praxis diagnostische Irrtümer vermeiden lassen, wird das Verfahren dennoch trotz seiner größeren Empfindlichkeit gegenüber der Präzipitinmethode in manchen Fällen versagen, wo letztere zu einem sicheren Ergebnis führt, so z. B. in den Fällen, in denen die Untersuchungsflüssigkeit bereits für sich allein ablenkend wirkt und von einer stärkeren Verdünnung der Lösung abgesehen werden muß, oder wenn das verwendete Antiserum bereits für sich allein in der für die Reaktion notwendigen Menge ablenkt.

Wie verhält es sich nun mit der praktischen Verwertbarkeit der Komplementbindungsmethode beim Nachweis von Pferdefleisch? Bereits von Uhlenhuth (15) wurde darauf hingewiesen, daß für den Nachweis von Pferdefleisch und anderen Fleischsorten die Komplementablenkung ebenfalls benutzt werden könne, daß jedoch hierbei Vorsicht geboten sei. Für die Praxis würde die Methode von vornherein nur für die Fälle in Frage kommen, bei denen das bewährte und erheblich einfachere Uhlenhuthsche Verfahren nicht empfindlich genug wäre. Solche Fälle sind, wie das aus der eingangs zitierten Arbeit von Uhlenhuth, Weidanz und Wedemann (1) hervorgeht, ausschließlich bei gekochtem Fleisch gegeben und würden namentlich für die Untersuchung von gekochten Würsten eine praktische Bedeutung beanspruchen. Infolge des Kochprozesses können nämlich die für den Nachweis erforderlichen Eiweißmengen durch Koagulation so verringert werden, daß sie für die Präzipitinreaktion nicht mehr ausreichen, wohl aber noch für die empfindlichere Komplementbindungsmethode genügen. Wassermann (16) hat zuerst für derartige Fälle die Anwendung des Neisser-Sachs'schen Verfahrens vorgeschlagen. Die auf seine Anregung von Schütze (17) ausgeführten Untersuchungen an gekochten Würsten scheinen für die Überlegenheit der Komplementbindung gegenüber der Präzipitation zu sprechen.

Auf Grund dieser günstigen Ergebnisse haben wir ebenfalls unter genauer Berücksichtigung aller in der Praxis vorkommenden Verhältnisse vergleichende Unter-

suchungen zum Nachweis von Pferdefleisch an demselben Material mit beiden Methoden ausgeführt.

Zur Untersuchung gelangte 1. reines Pferdefleisch im frischen, gefrorenen, getrockneten, geräucherten, gepökelten, gekochten und faulenden Zustand, 2. mit Pferdefleisch versetztes Hackfleisch, 3. mit Pferdefleisch versetzte Wurst.

Bei den an reinem Pferdefleisch ausgeführten Prüfungen machten wir die Beobachtung, daß das mit Salpeterzusatz gepökelte Fleisch, ebenso wie die Pökellake allein, bereits schon ohne Hinzufügung spezifischen Serums ablenkend wirkte, während das von demselben Tiere stammende Fleisch bei anderen Konservierungsmethoden (Räuchern, Trocknen, Gefrieren, Kochen usw.) diese Eigenschaft nicht zeigte. Selbst bei stärkeren Verdünnungen der ablenkenden Pökellake ließ sich noch eine mehr oder weniger, die Hämolyse verzögernde („hemmende") Wirkung wahrnehmen.

Diese Befunde haben uns veranlaßt, auch andere dem Fleisch zugesetzte Konservierungsmittel auf ihre ablenkenden Eigenschaften zu prüfen. Hierbei richteten wir unsere besondere Aufmerksamkeit auf die Chemikalien, deren Zusatz zu Nahrungsmitteln gesetzlich verboten ist, wie z. B. Borsäure, Salizylsäure, Formalin, Fluornatrium, schwefligsäure- und benzoësäurehaltige Präservesalze u. a.

Um bei der Wurstuntersuchung die praktische Verwertbarkeit beider Methoden genau studieren zu können, war es zunächst wichtig zu wissen, ob die der Wurst zugefügten Gewürze oder andere Zusätze den Ausfall der Reaktionen irgendwie beeinflussen könnten. Zu diesem Zwecke haben wir uns mit der Fabrikation der pferdefleischhaltigen Wurstsorten vertraut gemacht. Man hat bei derartigen Würsten solche zu unterscheiden, die ausschließlich von Pferdefleisch hergestellt, aber nicht als Pferdewurst deklariert in den Handel gebracht werden, und solche, bei denen nur ein gewisser Prozentsatz Pferdefleisch verarbeitet ist.

Die offen in den Handel gelangenden Pferdewürste werden nach Borchmann (18) in Norddeutschland gewöhnlich in folgenden vier Sorten hergestellt:

1. Schlackwurst in Rinderschloßdarm. Das Wurstgut besteht aus 25 Pfd. Pferdefleisch, 10 Pfd. Schweinefett und 4 Pfd. Rindertalg. Als Gewürz wird 100 g gemahlener, 10 g ganzer weißer Pfeffer, 50 g Salpeter und 500 g Salz zugesetzt.

2. Salami in sogenannten Hammelkappen. Sie besteht aus 25 Pfd. Pferdefleisch, 14 Pfd. Schweinefett und 4 Pfd. Rindertalg. Die Würzung geschieht wie bei 1. unter Hinzuziehung von etwa 5 g (1 Zehe) Knoblauch.

3. Mettwurst in engem Rinderdarm. Das Wurstgut enthält 20 Pfd. Pferdefleisch, 14 Pfd. Rindertalg und 6 Pfd. Schweinefett. Als Gewürz kommt hinzu 1 Pfd. Salz, 50 g ganzer weißer Pfeffer, 10 g ganzer Kümmel und etwa 5 g (1 Zehe) Knoblauch.

4. Polnische Bratwurst in sogenanntem Kranzdarm (Schweinedünndarm). Sie setzt sich zusammen aus 20 Pfd. Pferdefleisch, 4 Pfd. Rindertalg und 10—12 Pfd. Schweinefett. Die Würzung geschieht wie bei 1. unter Hinzufügung von 10 g gemahlenem Koriander und 10 g Majoran. Die zuvor geräucherte polnische Bratwurst wird in gekochtem Zustand genossen, die übrigen Sorten gelangen lediglich geräuchert in den Konsum.

Die so hergestellten Pferdewürste werden in der Regel nicht unter falscher Deklaration in den Handel gebracht, da ihr Aussehen so charakteristisch ist, daß eine derartige Verfälschung ohne weiteres erkannt werden würde. Unter falscher Deklaration gelangen vielmehr meistens nur diejenigen Würste in den Verkehr, die mit einem mehr oder weniger erheblichen Prozentsatz von Pferdefleisch verfälscht sind. In dieser Weise werden in Norddeutschland vorwiegend die Dauerwürste, etwas seltener die Brat-, Brüh- und Kochwürste mit Pferdefleisch verfälscht (Borchmann 18). Außer den in Pferdewürsten vorkommenden Gewürzen und sonstigen Zusätzen könnten gelegentlich noch folgende Substanzen bei der Wurstfabrikation in Frage kommen: Nelke, Muskatnuß, Muskatblüte, Thymian, Ingwer, Piment, Anis, Kardamom, Fenchel, Zimt, Paprika, Dill, Weizenmehl, Roggenmehl, Rohrzucker, Dextrin, Semmel, Stärke, Zwiebel, Holzessig, Darmröte usw.

Aus der kurz beschriebenen Zusammensetzung der Würste sehen wir bereits deutlich, daß in der Praxis das zu untersuchende Material wesentlich anders zusammengesetzt ist, als bei den oben erwähnten Laboratoriumsversuchen von Sachs und Bauer (10), wo es sich nur um Gemische von reinem Serum- oder Bluteiweiß handelte.

Bevor wir auf die Schilderung unserer Versuche eingehen, wollen wir zunächst eine kurze Beschreibung der von uns angewandten Untersuchungsmethoden vorausschicken.

Was die Technik des Uhlenhuthschen Verfahrens anbetrifft, so haben wir uns genau nach der von Uhlenhuth (1), Weidanz (19) und Wedemann angegebenen Anweisung gerichtet.

Bei unseren Untersuchungen mit der Neisser-Sachs'schen Methode haben wir uns fast ausschließlich des künstlichen hämolytischen Systems bedient. Die Verwendung eines natürlichen hämolytischen Systems halten wir trotz der größeren Einfachheit nicht für empfehlenswert, da es viel zu schwach und zu wenig gleichmäßig ist. Auch kann die Verwendung normaler Hämolysine insofern zu Mißständen führen, als eine getrennte Dosierung von Ambozeptor und Komplement nicht möglich ist.

Als künstliches hämolytisches System gebrauchen wir folgende Kombination:

1. eine 5%ige Hammelblutaufschwemmung,

2. inaktiviertes, d. h. 30 Min. bei 56° C. erhitztes Serum eines mit Hammelblut vorbehandelten Kaninchens (Ambozeptor),

3. aktives Meerschweinchenserum (Komplement).

Die Hammelblutlösung stellen wir uns in der Weise her, daß wir einem Hammel aus der gestauten Halsvene etwa 10 ccm Blut entziehen und dasselbe sofort in einer sterilisierten Flasche ungefähr 10 Minuten lang mit Glaskugeln zwecks Defibrinierung schütteln. Eine genau abgemessene Menge des defibrinierten Blutes — gewöhnlich genügen 5 ccm — wird dann beliebig mit steriler physiologischer (0,85%) Kochsalzlösung verdünnt, gut durchgeschüttelt und 15—30 Min. zentrifugiert. Darauf wird die aus Serum und Kochsalzlösung bestehende Flüssigkeit von der den Boden der Zentrifugenröhrchen bedeckenden roten Blutkörperchenschicht vorsichtig abgegossen Ein etwa zurückgebliebener Flüssigkeitsrest wird am besten von der Wand des Glases mit Fließpapier abgesaugt, dann wird der Bodensatz nochmals mit Kochsalzlösung aufge-

schwemmt, hierauf wiederum zentrifugiert und von der darüberstehenden Flüssigkeit befreit. Nach der dritten Waschung werden die roten Blutkörperchen mit 0,85% Kochsalzlösung bis zu einer 5%igen Aufschwemmung verdünnt. Haben wir beispielsweise 5 ccm Blut gewaschen, so werden die Blutkörperchen mit Kochsalzlösung in einem Blutzylinder bis auf 100 ccm aufgefüllt. Von dieser Aufschwemmung, die auf Eis aufbewahrt bis zum nächsten Tage noch brauchbar ist, dient 1 ccm als Indikator.

Die Gewinnung des Ambozeptors geschieht in analoger Weise wie die des Antiserums, nur mit dem Unterschied, daß wir statt Hammelserum etwa 5 ccm defibriniertes Hammelblut benutzen, und letzteres einem Kaninchen intraperitoneal injizieren. Nach wenigen Injektionen erhält man meist ein hochwirksames Hammelhämolysin, das vor dem Gebrauch zu inaktivieren ist.

Das als Komplement dienende frische (aktive) Meerschweinchenserum wird jedesmal kurz vor dem Versuch durch Entbluten eines Meerschweinchens gewonnen. Das in einem Zentrifugenröhrchen aufgefangene Blut wird nach der Gerinnung und nach erfolgter Lösung des Blutkuchens zentrifugiert und hierauf das klare Serum abgegossen.

Die Einstellung des hämolytischen Systems beginnt mit der Titerbestimmung des Ambozeptors. Zu je 1 ccm der 5%igen Hammelblutaufschwemmung wird je 0,1 ccm Meerschweinchenserum hinzugesetzt und mit absteigenden Mengen des Ambozeptors gemischt. Durch Auffüllen mit physiologischer Kochsalzlösung werden dann in allen Röhrchen gleiche Volumina hergestellt und die Röhrchen nach Durchschütteln eine Stunde lang in den Brutschrank bei 37° C. gesetzt. Zeigt sich z. B., daß die kleinste, eben noch komplett lösende Dosis des Ambozeptors 0,0005 beträgt, so empfiehlt es sich erfahrungsgemäß, für weitere Versuche die doppelte Dosis, also in unserem Falle 0,001 zu wählen.

Die Einstellung des Ambozeptors ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle 1. Einstellung des Ambozeptors:

5% Hammelblutlösung	Komplement	Ambozeptor (inaktiviert)	Kochsalzlösung 0,85% z. Auffüllen auf gleiche Volumina		Befund
1 ccm	0,1 ccm	0,1 ccm = 1 ccm d. Lösung 1 : 10	—	1 Stunde Brutschrank bei 37° C.	kompl. Hämolyse
„	„	0,05 „ = 1/2 „ „ 1 : 10	1/2 ccm		„ „
„	„	0,025 „ = 1/4 „ „ 1 : 10	3/4 „		„ „
„	„	0,01 „ = 1/10 „ „ 1 : 10	9/10 „		„ „
„	„	0,005 „ = 1/2 „ „ 1 : 100	1/2 „		„ „
„	„	0,0025 „ = 1/4 „ „ 1 : 100	3/4 „		„ „
„	„	0,001 „ = 1/10 „ „ 1 : 100	9/10 „		„ „
„	„	0,0005 „ = 1/2 „ „ 1 : 1000	1/2 „		„ „
„	„	0,00025 „ = 1/4 „ „ 1 : 1000	3/4 „		fast „ „
„	„	0,0001 „ = 1/10 „ „ 1 : 1000	9/10 „		mäßige Hämolyse
„	—	0,1 „ = 1 „ „ 1 : 10	—		Ablenkung

Für die so ermittelte Testdosis (0,001) des Ambozeptors wird nunmehr die Komplementmenge bestimmt. Um dieselbe genau abmessen zu können, empfiehlt es sich, eine Verdünnung mit 0,85%iger Kochsalzlösung von 1 : 10 herzustellen. Findet man hierbei, daß die kleinste, eben noch komplett lösende Dosis 0,05 beträgt, so erweist

es sich auch hier als zweckmäßig, die doppelte Dosis als Titer für die weiteren Versuche zu verwenden, also 0,1 ccm. Die Einstellung des Komplements veranschaulicht Tabelle 2.

Tabelle 2. Einstellung des Komplements:

5%ige Hammelblutlösung	Komplement (Verdünnung 1 : 10)	Ambozeptor (Testdosis 0,001 cm)	Kochsalzlösung 0,85% (z. Auffüllen auf gleiche Volumina)		Befund
1 ccm	0,1 ccm = 1 ccm d. Verdünnung v 1 : 10	0,1 ccm e. Verdünnung von 1 : 100	—	1 Stunde Brutschrank bei 37° C.	kompl. Hämolyse
„	0,09 „ = 0,9 „ „ „	„ „	0,1		„ „
„	0,08 „ = 0,8 „ „ „	„ „	0,2		„ „
„	0,07 „ = 0,7 „ „ „	„ „	0,3		„ „
„	0,06 „ = 0,6 „ „ „	„ „	0,4		„ „
„	0,05 „ = 0,5 „ „ „	„ „	0,5		„ „
„	0,04 „ = 0,4 „ „ „	„ „	0,6		fast kompl. „
„	0,03 „ = 0,3 „ „ „	„ „	0,7		mäßige „
„	0,02 „ = 0,2 „ „ „	„ „	0,8		„ „
„	0,01 „ = 0,1 „ „ „	„ „	0,9		wenig „
„	—	„ „	1,0		Ablenkung

Das auf Grund der Titerbestimmung zu verwendende System wäre demnach:

1 ccm 5% iger Hammelblutlösung,

0,001 ccm Ambozeptor,

0,1 ccm Meerschweinchenkomplement.

Das für die Eiweißdifferenzierung in Frage kommende inaktivierte Antiserum darf nicht in beliebiger Menge verwandt werden, da ein Überschuß desselben oft schon an und für sich antikomplementär wirken kann. Außerdem soll hierdurch auch nach den Angaben von Moreschi (14), Neisser und Sachs (13) und Liefmann (20) gelegentlich die antihämolytische Wirkung verhindert werden.

Es muß daher die für das Ablenkungsverfahren geeignete Dosis des Antiserums genau bestimmt werden. Während man sich bei der Präzipitinmethode zur Titerbestimmung verschiedene Verdünnungen des homologen Serums herstellt und gewöhnlich eine gleiche unverdünnte Menge (0,1 ccm) Antiserum da zusetzt, ist es bei der Neisser-Sachsschen Methode aus den oben genannten Gründen notwendig, absteigende Mengen des Antiserums der homologen, auf 1 : 1000 verdünnten inaktivierten Antigenlösung mit der Testdosis des Komplements zuzusetzen und gleichzeitig eine Kontrollreihe ohne Antigen anzusetzen. Nach einstündiger Aufbewahrung im Brutschrank erfolgt der Zusatz von Ambozeptor und Hammelblutlösung, worauf die Röhrchen wiederum 1 Stunde in den Brutschrank kommen. Von der geringsten, gerade noch vollständig hemmenden Dosis des Antiserums, beispielsweise 0,02 ccm, empfiehlt es sich als Testdosis für die weiteren Versuche die doppelte Menge, also hier 0,04 ccm zu verwenden. Bei Eiweißgemischen sowie bei der Wurstuntersuchung ist es notwendig, eine viel höhere Dosis zu verwenden — wir nehmen gewöhnlich 0,1 ccm — da man bei diesen Untersuchungslösungen von vornherein nicht wissen kann, in welcher Verdünnung die zu untersuchende Eiweißart darin vorhanden ist. Vorbedingung ist natürlich, daß diese zugesetzte Menge des Antiserums nicht bereits für sich allein

ablenkt. Die Einstellung des Antiserums wird durch die Tabellen 3 und 4 zum Ausdruck gebracht:

Tabelle 3. Einstellung des Antiserums.

Antigenlösung 1:1000 (inaktiviert)	Komplement 0,1 Testdosis	Antiserum (inaktiviert)	Kochsalzlösung 0,85% zum Auffüllen auf gleiche Volumina		Ambozeptor 0,001 Testdosis	Hammelblutlösung 5%		Befund
1 ccm	0,1 ccm	0,1 ccm = 1 ccm einer Lösung 1:10	—	1 Std. i. d. Brutschrank bei 37° C.	0,001 = 0,1 e. Verdünnung 1:100	1 ccm	1 Std. i. d. Brutschrank bei 37° C.	Ablenkung
"	"	0,09 " = 0,9 " " "	0,1 ccm		" " " "	"		"
"	"	0,08 " = 0,8 " " "	0,2 "		" " " "	"		"
"	"	0,07 " = 0,7 " " "	0,3 "		" " " "	"		"
"	"	0,06 " = 0,6 " " "	0,4 "		" " " "	"		"
"	"	0,05 " = 0,5 " " "	0,5 "		" " " "	"		"
"	"	0,04 " = 0,4 " " "	0,6 "		" " " "	"		"
"	"	0,03 " = 0,3 " " "	0,7 "		" " " "	"		"
"	"	0,02 " = 0,2 " " "	0,8 "		" " " "	"		"
"	"	0,01 " = 0,1 " " "	0,9 "		" " " "	"		Spur v. Häm.
"	"	0,005 " = 0,05 " " "	0,95 "		" " " "	"		mäß. Häm.

Tabelle 4. Prüfung des Antiserums auf ablenkende Substanzen:

—	Komplement 0,1 Testdosis	Antiserum (inaktiviert)	Kochsalzlösung 0,85% zum Auffüllen auf gleiche Volumina		Ambozeptor 0,001 Testdosis	Hammelblutlösung 5%		Befund
—	0,1	0,1 ccm = 1 ccm einer Lösung 1:10	1 ccm	1 Std. i. d. Brutschr. b. 37° C.	0,001 = 0,1 einer Verdünnung 1:10	1 ccm	1 Std. i. d. Brutschr. b. 37° C.	Hämolyse
—	0,1	0,09 " = 0,9 " " " "	1,1 "		" " " "	"		"
—	0,1	0,08 " = 0,8 " " " "	1,2 "		" " " "	"		"
—	0,1	0,07 " = 0,7 " " " "	1,3 "		" " " "	"		"
—	0,1	0,06 " = 0,6 " " " "	1,4 "		" " " "	"		"
—	0,1	0,05 " = 0,5 " " " "	1,5 "		" " " "	"		"
—	0,1	0,04 " = 0,4 " " " "	1,6 "		" " " "	"		"
—	0,1	0,03 " = 0,3 " " " "	1,7 "		" " " "	"		"
	usw.	usw.	usw.		usw.	usw.		

Während das Antiserum durch diese einmalige Bestimmung für alle weiteren Untersuchungen eingestellt ist, so muß vor jedem Versuch stets erst die komplettierende Dosis eines frischen Meerschweinchenserums für einen Ambozeptor von bekanntem Titer eingestellt werden.

Der eigentliche Ablenkungsversuch gestaltet sich dann in der Weise, daß man zu der inaktivierten Untersuchungsflüssigkeit die Testdosis des Komplement und Antiserum setzt, die Gemische nach einstündigem Aufenthalt im Brutschrank mit der Testdosis des

Ambozeptors, sowie je 1 ccm Hammelblutlösung beschickt und abermals in den Brutschrank stellt. Um die Befunde besser beurteilen zu können, ist es notwendig, von Zeit zu Zeit die im Brutschrank befindlichen Röhrchen zu beobachten. In dem Augenblick, wo das als Kontrolle dienende hämolytische System vollständige Hämolyse zeigt, wird der Befund in den übrigen Röhrchen festgestellt. Es wird das meistens nach 1 Stunde im Brutschrank bei 37° C. der Fall sein. Hat man die Blutkörperchen vor den Versuch sensibilisiert d. h. hat man den Ambozeptor auf die Blutkörperchen bereits durch halbstündigen Aufenthalt im Brutschrank einwirken lassen, so verläuft die Reaktion viel schneller. Man kann sie selbst bei Zimmertemperatur bereits nach 10—20 Minuten deutlich beobachten.

Zur Ausschließung sämtlicher Fehlerquellen bei der Reaktion sind zahlreiche Kontrollen notwendig; welche hierbei in Frage kommen ist aus Tabelle 5 ersichtlich:

Tabelle 5. Komplementablenkung.

Eiweißlösungen (inaktiviert)	Komplement (Testdosis 0,01)	Antiserum (Testdosis 0,04) Verdünnung 1:10	Kochsalzlösung 0,85% z. Auffüllen auf gleiche Volumina		Ambozeptor (Testdosis 0,001) Verdünnung 1 : 100	Hammelblutlösung 5%		Befund
Untersuchungsfl. 1 ccm (inaktiviert)	0,1 ccm	0,4 ccm	—	1 Stunde in dem Brutschrank bei 37° C.	0,1 ccm	1 ccm	in dem Brutschrank bei 37° C. bis zur kompletten Hämolyse der Kochsalzkontrolle	Ablenkung
Untersuchungsfl. 1 ccm (inaktiviert)	"	—	0,4 ccm		" "	"		Hämolyse
Homolog. Eiweißlösung 1 ccm	"	0,4 ccm	—		" "	"		Ablenkung
Heterolog. Eiweißlösung 1 ccm	"	0,4 ccm	—		" "	"		Hämolyse
Heterolog. Eiweißlösung 1 ccm	"	0,4 ccm	—		" "	"		Hämolyse
Untersuchungsfl. 1 ccm	"	0,4 norm. Kaninch. serum (inaktiv.)	—		" "	"		Hämolyse
—	"	0,4 norm. Kaninch. serum	1 ccm		" "	"		Hämolyse
—	"	—	1,4 ccm		" "	"		Hämolyse
—	—	—	1,5 ccm		" "	"		Ablenkung
—	—	—	1,6 ccm		—	"		Ablenkung
Untersuchungsfl. 1 ccm	—	—	0,6 ccm		—	"		Ablenkung

Die letzte Kontrolle (Untersuchungsflüssigkeit und Hammelblutlösung) liefert den Beweis, daß in der Untersuchungslösung nicht bereits hämolytisch wirkende Substanzen vorhanden sind, da diese bei Zusatz des hämolytischen Systems und spezifischen Serums eine geringe ablenkende spezifische Wirkung in Frage stellen könnten.

Falls die Untersuchungsflüssigkeit bereits ohne Antiserumzusatz ablenkt, kann man diese Fehlerquelle durch Verdünnung derselben und Vermehrung des Antiserumsatzes fast immer vermeiden.

Will man von den fünf bei der Reaktion in Frage kommenden Reagenzien gleiche

Mengen nehmen, so muß der Verdünnungsgrad der einzelnen Flüssigkeiten entsprechend gewählt werden. Würde man nun beispielsweise folgendes System

1 ccm Untersuchungsflüssigkeit,

0,04 ccm präzipitierendes Serum,

0,1 ccm Komplement,

0,001 ccm Ambozeptor,

1 ccm 5% Hammelblutlösung benutzen wollen, so müßte man das präzipitierende Serum 1 : 25, das Komplement 1 : 10, den Ambozeptor 1 : 1000 verdünnen. Wieviel von den einzelnen wie angegeben verdünnten Flüssigkeiten genommen werden, ist vollkommen gleichgültig, nur müssen immer gleiche Mengen zur Verwendung kommen.

Haben wir aus den bereits oben erörterten Gründen bei den Fleisch- und Wurstuntersuchungen von der Anwendung des weit einfacheren natürlichen hämolytischen Systems abgesehen, so wurde diese Methode von uns jedoch bei der Prüfung der Ablenkungsfähigkeit der bei der Fleischuntersuchung in Betracht kommenden Substanzen zum Vergleich mit herangezogen.

Ähnlich wie bei der Benutzung des künstlichen hämolytischen Systems muß auch hier durch einen Vorversuch erst das System eingestellt werden. Diese Einstellung veranschaulicht die folgende Tabelle:

Tabelle 6. Einstellung des natürlichen hämolytischen Systems:

5% Hammelblutlösung	Frisches Kaninchenserum (Komplement + Ambozeptor)		Befund
1 ccm	0,1 ccm	1 Std. i. d. Brutschrank b. 37° C.	mäßige Hämolyse
„	0,15 „		starke „
„	0,2 „		fast komplette „
„	0 25 „		komplette „
„	0,3 „		„ „
„	0,35 „		„ „
„	0,4 „		„ „

Das Schema zeigt uns, daß die geringste komplett lösende Dosis des Kaninchenserums zwischen 0,2 und 0,25 gelegen ist. Auch hier empfiehlt es sich, für die weiteren Versuche eine etwas höhere Dosis, etwa 0,3 ccm, zu wählen.

Bei der Prüfung der ablenkenden Eigenschaften verschiedener, dem Fleisch gelegentlich als Konservierungsmittel zugesetzter Chemikalien wurden die Verdünnungsgrade mit physiologischer Kochsalzlösung entsprechend den in der Praxis vorkommenden Verhältnissen gewählt. Um die Lösungen von allen korpuskulären Elementen zu befreien, wurden sie durch Papierfilter filtriert. Die dann vorgenommene Prüfung der Reaktion mittels Lackmuspapier führte zu folgendem Ergebnis: Eine deutlich saure Reaktion zeigten die Lösungen von Benzoesäure, Borsäure, Salizylsäure, schwefelige Säure. Die Formalinlösung reagierte schwach sauer, alkalisch die Lösung von Fluor-

natrium und Natriumsulfit, neutral die Salpeterlösung. Um gleichzeitig zu ermitteln, ob die Alkali- oder Säurewirkung der betreffenden Lösungen gegebenenfalls die Komplemente zu schädigen oder zu zerstören (Hecker 20) imstande sind, wurden die Flüssigkeiten sowohl vor als nach der Neutralisation geprüft. Bei Benutzung des natürlichen hämolytischen Systems kamen wir zu folgenden Ergebnissen:

Tabelle 7. Komplementablenkung mit natürlichem System.

Untersuchungsflüssigkeit (inaktiviert)	Reaktion mittels Lackmuspapier	Normales Kaninchenserum (Komplement + Ambozeptor) Testdosis 0,3 ccm		5 % Hammelblutlösung		Befund
Benzoesäurelösung 1 ccm . .	sauer	0,3 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	1 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	Ablenkung
Borsäurelösung 1 ccm . . .	„	„		„		Hämolyse
Salizylsäurelösung 1 ccm . .	„	„		„		Ablenkung
Schweflige Säurelösung 1 ccm	„	„		„		„
Formalinlösung 1 ccm . . .	schwach sauer	„		„		„
Fluornatriumlösung 1 ccm . .	alkalisch	„		„		„
Natriumsulfitlösung 1 ccm . .	„	„		„		„
Salpeterlösung 1 ccm	neutral	„		„		„
0,85 %ige Kochsalzlösung 1 ccm	„	„		„		kompl. Hämolyse

Mit den neutralisierten Untersuchungslösungen wurden dieselben Befunde erzielt. Um nun festzustellen, ob sich nicht diese ablenkende Wirkung durch Erhöhung der hämolytischen Dosis von Kaninchenserum beseitigen ließe, steigerten wir den Kaninchenserumzusatz von 0,3 auf 1 ccm. Selbst durch diese starke Erhöhung der hämolytischen Dosis war die ablenkende Wirkung nicht ganz zu überwinden, erst starke Verdünnungen der Untersuchungslösungen führten hier zum Ziele.

Die Parallelversuche mit dem künstlichen hämolytischen System ergaben Folgendes:

Tabelle 8. Komplementablenkung mit künstlichem System.

Untersuchungslösungen	Reaktion mittels Lackmuspapier	Komplement (Testdosis 0,1 ccm)		Ambozeptor (Testdosis 0,001 ccm)	5 % Hammelblutlösung		Befund
Benzoesäurelösung 1 ccm . .	sauer	0,1 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	0,001 ccm	1 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	Ablenkung.
Borsäurelösung 1 ccm . . .	„	„		„	„		kompl. Hämolyse.
Salizylsäurelösung 1 ccm . .	„	„		„	„		starke Hemmung.
Schweflige Säurelösung 1 ccm	„	„		„	„		„
Formalinlösung 1 ccm . . .	schwach sauer	„		„	„		Ablenkung
Fluornatriumlösung 1 ccm . .	alkalisch	„		„	„		„
Natriumsulfitlösung 1 ccm . .	stark alkalisch	„		„	„		„
Salpeterlösung 1 ccm	neutral	„		„	„		„
0,85 %ige Kochsalzlösung 1 ccm	„	„		„	„		kompl. Hämolyse

Die mit neutralisierten Lösungen angestellten vergleichenden Untersuchungen führten zu denselben Ergebnissen.

Durch Erhöhung der Komplement- und Ambozeptormenge ließ sich die ablenkende Wirkung nur teilweise beseitigen, lediglich durch Verdünnungen der Lösungen wurde auch hier in jedem Falle komplette Hämolyse erzielt.

Die vergleichenden Versuche mit der Uhlenhuthschen Methode wurden in der Weise ausgeführt, daß wir zu den obengenannten klaren, nicht neutralisierten Untersuchungsflüssigkeiten soviel Pferdeserum zusetzten, daß letzteres in einer Verdünnung von 1 : 1000 darin enthalten war. Diese Gemische wurden dann mit der Präzipitation auf die Anwesenheit von Pferdeeiweiß geprüft. Hierbei bedienten wir uns, um die Vermischung von Antiserum mit den alkalischen oder sauren Lösungen möglichst zu vermeiden, der von Carnwath (22) angegebenen Überschichtungsmethode.

Tabelle 9. Präzipitation.

Gemische je 0,03, bestehend aus 1 Teil Pferdeserum: 1000 Teilen von	Reaktion mittels Lackmuspapier	Pferdeantiserumzusatz (Titer 1 : 20 000)	Befund
Benzoësäurelösung	sauer	0,03 ccm	positiv
Borsäurelösung	„	„	„
Salizylsäurelösung	„	„	„
Schweflige Säurelösung	„	„	„
Formalinlösung	schwach sauer	„	„
Fluornatriumlösung	alkalisch	„	„
Natriumsulfitlösung	stark alkalisch	„	negativ
Natriumsulfitlösung (neutr.) . . .	neutral	„	positiv
Salpeterlösung	„	„	schwach positiv
0,85 % ige Kochsalzlösung	„	„	positiv

Wurde der Versuch mit neutral reagierenden Lösungen angestellt, so konnte in jedem Falle deutlich eine positive Reaktion beobachtet werden.

In ganz analoger Weise, wie die chemischen Fleischkonservierungsmittel haben wir die bei der Wurstfabrikation in Betracht kommenden Gewürze und sonstigen Zusätze untersucht. Die Anwendung des natürlichen und künstlichen hämolytischen Systems führte zu nachstehenden Ergebnissen (s. Tabelle 10 S. 490 u. 491).

Unter Benutzung derselben Extraktauszüge wurden vergleichende Untersuchungen mit der Präzipitinreaktion in der oben angegebenen Weise ausgeführt [1]).

Die Versuchsergebnisse sind aus nachfolgender Tabelle 11 (S. 492) zu ersehen.

Die Untersuchungen haben uns gezeigt, daß bei der praktischen Anwendung der Komplementsbindungmethode zum Nachweis von Pferdefleisch eine große Anzahl von Stoffen in Frage kommen, die die Reaktion außerordentlich störend beeinflussen, ja unmöglich machen können, wenn von einer stärkeren Verdünnung der Untersuchungsflüssigkeit oder von einer Verstärkung des hämolytischen Systems Abstand genommen

[1]) An diesen Versuchen hat sich auch Herr Sanitätsrat Dr. Djevad-Mashar-Konstantinopel in dankenswerter Weise beteiligt.

Tabelle

Komplementablenkung
mit natürlichem hämolytischen System.

Extrakte (nach zweistündiger Auslaugung mittels 0,85 % iger Kochsalzlösung)	Reaktion mittels Lackmuspapier	Normales Kaninchenserum			5 % Hammelblutlösung		Befund bei	
		0,3 ccm	1 ccm				0,3 ccm Kaninchenserum	1 ccm Kaninchenserum
Kümmel	neutral	0,3 ccm	1 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	1 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	Hemmung	kompl. Hämolyse
Schwarzer Pfeffer	„	„	„		„		geringe Hemmung	„
Weißer Pfeffer	„	„	„		„		kompl. Hämolyse	„
Koriander	„	„	„		„		starke Hemmung	„
Majoran	„	„	„		„		„	Hemmung
Nelke	„	„	„		„		Ablenkung	„
Muskatnuß	„	„	„		„		Hemmung	kompl. Hämolyse
Muskatblüte	„	„	„		„		„	„
Thymian	„	„	„		„		Ablenkung	Hemmung
Ingwer	„	„	„		„		Hämolyse	Hämolyse
Piment	„	„	„		„		„	„
Anis	„	„	„		„		geringe Hemmung	„
Kardamom	„	„	„		„		Hämolyse	„
Fenchel	„	„	„		„		geringe Hemmung	„
Zimmet	„	„	„		„		Ablenkung	geringe Hemmung
Paprika	schwach sauer	„	„		„		geringe Hemmung	Hämolyse
Paprika (neutralisiert)	neutral	„	„		„		„	„
Dill	„	„	„		„		„	„
Weizenmehl	„	„	„		„		Hämolyse	„
Roggenmehl	„	„	„		„		„	„
Rohrzucker	„	„	„		„		„	„
Semmel	„	„	„		„		geringe Hemmung	„
Dextrin	„	„	„		„		Hämolyse	„
Stärke	„	„	„		„		„	„
Zwiebel	„	„	„		„		Hemmung	„
Knoblauch	„	„	„		„		Ablenkung	geringe Hemmung
Holzessig	sauer	„	„		„		„	Ablenkung
„ (neutralisiert)	neutral	„	„		„		„	„
Darmröte	„	„	„		„		Hämolyse	Hämolyse
0,85 %ige Kochsalzlös.	„	„	„		„		„	„

10.

Komplementablenkung
mit künstlichem hämolytischen System.

Komplement			Ambozeptor		5 % Hammelblutlösung		Befund bei	
0,1 ccm Testdosis	0,2 ccm		0,001 ccm Testdosis	0,01 ccm			0,1 Kompl. 0,001 Ambozeptor } Testdosis	0,2 Komplement 0,01 Ambozeptor
0,1 ccm	0,2 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	0,001 ccm	0,01 ccm	1 ccm	1 Stunde in den Brutschrank bei 37° C.	kompl. Hämolyse	kompl. Hämolyse
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		geringe Hemmung	"
"	"		"	"	"		starke Hemmung	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		geringe Hemmung	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		Ablenkung	"
"	"		"	"	"		Hämolyse	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		Ablenkung	"
"	"		"	"	"		Hämolyse	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		geringe Hemmung	"
"	"		"	"	"		Hämolyse	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		geringe Hemmung	"
"	"		"	"	"		Hemmung	"
"	"		"	"	"		Ablenkung	"
"	"		"	"	"		"	"
"	"		"	"	"		Hämolyse	"
"	"		"	"	"		"	"

Tabelle 11. Präzipitation:

Gemische je 0,03, bestehend aus 1 Teil Pferdeserum: 1000 Teilen Extraktauszügen von:	Reaktion mittels Lakmus-papier	Pferdeanti-serumzusatz Titer 1:20000	Resultat
Kümmel	neutral	0,03 ccm	positiv
schwarzer / weißer } Pfeffer	"	"	"
Koriander	"	"	"
Majoran	"	"	"
Nelke	"	"	"
Muskatnuß	"	"	"
Muskatblüte	"	"	"
Thymian	"	"	"
Ingwer	"	"	"
Piment	"	"	"
Anis	"	"	"
Kardamom	"	"	"
Fenchel	"	"	"
Zimt	"	"	"
Paprika	schwach sauer	"	"
" (neutralisiert)	neutral	"	"
Dill	"	"	"
Zwiebel	"	"	"
Knoblauch	"	"	"
Weizen- / Roggen- } mehl	"	"	"
Semmel	"	"	"
Stärke	"	"	"
Dextrin	"	"	"
Rohrzucker	"	"	"
Holzessig	sauer	"	"
" (neutralisiert)	neutral	"	"
Darmröte	"	"	"
0,85% Kochsalzlösung 0,03 ccm	"	"	"

werden muß. Bei Anwendung des natürlichen hämolytischen Systems war, wie aus unseren Versuchen hervorgeht, die hemmende Wirkung bei einigen Stoffen so groß, daß sie selbst durch Erhöhung der hämolytischen Dosis von 0,3 auf 1,0 ccm nicht überwunden werden konnte; lediglich die Verdünnung der Untersuchungsflüssigkeiten führte hier zum Ziel. Günstiger waren die Ergebnisse bei der Benutzung des künstlichen hämolytischen Systems, das für die Praxis ausschließlich in Betracht kommen dürfte. Durch Verstärkung des Systems ohne Verdünnung der Untersuchungsflüssigkeit konnte in allen Fällen die ablenkende Wirkung der koktostabilen Substanzen beseitigt werden. Aus unseren Versuchen geht ferner hervor, daß die Alkali- oder Säurewirkung der einzelnen Lösungen zu gering war, das Komplement merklich zu schädigen.

Die mit denselben Lösungen ausgeführte Präzipitinmethode versagte nur in einem

einzigen Falle, nämlich bei der stark alkalisch reagierenden Natriumsulfitlösung, nach Neutralisation dieser Lösung dagegen wurde auch hier ein positives Ergebnis erzielt.

Unsere so gewonnene Kenntnis der in der Wurst vorkommenden ablenkenden Substanzen haben wir für die Untersuchung von Würsten praktisch zu verwerten gesucht. Zu diesem Zwecke wurden Pferdefleischwürste vorzugsweise mit hemmenden oder ablenkenden Gewürzen und anderen gebräuchlichen Zusätzen angefertigt. Die Kontrollwürste wurden unter Weglassung dieser Substanzen aus demselben Fleisch hergestellt. Um den praktischen Verhältnissen möglichst getreu Rechnung zu tragen, wurden die Gewürze bei allen Würsten in den bei der Wurstfabrikation üblichen Prozentsätzen zugesetzt. Nachdem von beiden Wurstarten in der üblichen Weise durch Auslaugung mittels 0,85%iger Kochsalzlösung ungefähr gleich starke klare Auszüge hergestellt waren, zeigte nach Hinzufügung des hämolytischen Systems die mit ablenkenden Substanzen gewürzte Wurstlösung vollkommene Ablenkung, während die Kontrollwurstlösung eine komplette Hämolyse aufwies. Durch Verdünnungen der Wurstlösungen, die den Nachweis von Pferdefleisch bei Antiserumzusatz noch nicht in Frage stellten, ließen sich die ablenkenden, nicht spezifischen Stoffe ausschalten. Bei 20 Pferdewürsten, die mit Hilfe der Komplementbindung auf ihre ablenkenden Substanzen untersucht wurden, konnten wir bei den üblichen Verdünnungen der Eiweißlösungen in zwei Fällen vollständige Ablenkung, in 6 Fällen eine starke und in 4 Fällen eine schwache Hemmung beobachten. Komplette Hämolyse sahen wir dagegen nur in 8 Fällen auftreten.

Mit der zum Vergleich herangezogenen Präzipitinmethode konnte bei beiden Wurstsorten in den ursprünglichen Verdünnungen gleichfalls der Zusatz von Pferdefleisch nachgewiesen werden.

Wie bereits oben erwähnt, dürfte die Komplementbindungsmethode für die Wurstuntersuchung eine praktische Bedeutung bei der Prüfung von gekochten Würsten erlangen, weil bei diesen die lösliche Eiweißmenge so verringert sein kann, daß sie sich mittels Präzipitation nicht mehr nachweisen läßt. Wir haben zu diesem Zweck vergleichende Untersuchungen an denselben Brühwürsten vorgenommen.

Die nach unseren Angaben hergestellten Würste, sogenannte Knobländer, bestanden aus Pferdefleisch mit einem Zusatz von 25% Rindertalg und Schweinefett, sowie den gebräuchlichen Salzen und Gewürzen.

Die Würste wurden untersucht:

1. roh,
2. heiß geräuchert (1—2 Stunden bei etwa 70—90° C. über offenem Feuer),
3. heiß geräuchert und 6 Minuten, wie gebräuchlich, in siedendem Wasser gebrüht,
4. heiß geräuchert und 15 Minuten, also mehr als üblich, in siedendem Wasser gebrüht.

Um eine möglichst ergiebige Auslaugung der in den heiß geräucherten und gebrühten Würsten etwa noch vorhandenen löslichen Eiweißstoffe zu erhalten, wurden ungefähr 30 g Wurstmasse in einem Porzellanmörser zusammen mit Glasstaub möglichst fein verrieben, mit ca. 50 g 0,85%iger Kochsalzlösung übergossen, zur besseren

Auslaugung 1 Stunde in den Schüttelapparat gestellt und hierauf 2 Tage lang im Eisschrank aufbewahrt. Alsdann wurde das Gemisch zentrifugiert, die Flüssigkeit vorsichtig vom Bodensatz abgegossen und durch gehärtete Papierfilter (Scheicher & Schüll, No. 575, 613 oder 605) oder durch Kieselgurfilter klar filtriert. Mit der Salpeter-Kochprobe konnten wir nunmehr in den aus der heiß geräucherten, sowie aus der heiß geräucherten und 6 Minuten gebrühten Wurst deutlich Eiweiß ausfällen. Aus der Lösung der heiß geräucherten und 15 Min. gebrühten Wurst ließ sich mittels der erwähnten Eiweißprobe keine Fällung erzielen. Wir konnten somit sowohl in der heiß geräucherten, als auch in der heiß geräucherten und 6 Min. gebrühten Wurst mit beiden Methoden deutlich den Nachweis von Pferdefleisch erbringen. Auch die Prüfung auf Rindertalg fiel positiv aus. Dagegen war in der heiß geräucherten und 15 Min. gebrühten Wurst mit der Präzipitation Pferdefleisch nicht mehr nachweisbar, während bei der Komplementbindungsmethode noch mäßige Hemmung beobachtet wurde, die aber als positive Reaktion in der Praxis von uns nicht angesprochen wird. Nur komplette Ablenkung darf als positive Reaktion angesehen werden.

Tabelle 12.

Untersuchungsmaterial: Würstchen bestehend aus Pferdefleisch + 25% Rindertalg. Lösungen sind extrahiert aus:	Präzipitation				Komplementbindung (künstl. häm. System)			
	Wirkung von 0,1 ccm Pferdeantiserum auf das Eiweiß von:		Wirkung von 0,1 ccm Rinderantiserum auf das Eiweiß von:		Hämolyse bei Wirkung von 0,1 ccm Pferdeantiserum auf Eiweiß von:		Hämolyse bei Wirkung von 0,1 ccm Rinderantiserum a. Eiw. von:	
	Pferd	Rind	Pferd	Rind	Pferd	Rind	Pferd	Rind
1. Roher Wurst	††††[1])	—	—	††	0	komplett	komplett	0
2. Heiß geräucherter Wurst	††	—	—	†	0	„	„	0
3. Heiß geräucherter u. 6 Min. gebrühter Wurst	†	—	—	—	0	„	„	mäßige Hemmung
4. Heiß geräucherter u. 15 Min. gebrühter Wurst	—	—	—	—	mäßige Hemmung	„	„	komplett

[1]) Die Kreuze geben schätzungsweise die Stärke der Reaktion an.

Bei den in derselben Weise vorgenommenen Untersuchungen von in Büchsen sterilisierten Frankfurter- und Halberstädter Würsten versagten dagegen beide Methoden.

Wie verhält es sich nun mit der Überlegenheit der Komplementbindungsmethode gegenüber der Präzipitinmethode bei gekochten Würsten, die ablenkende, koktostabile Substanzen enthalten?

Wir haben bereits gesehen, daß man durch Verdünnung der Untersuchungsflüssigkeiten diese Fehlerquelle beseitigen kann. Dieser Weg verbietet sich aber bei gekochten Würsten schon deshalb von selbst, weil sie nur einen ganz schwachen Eiweißauszug liefern, so daß eine weitere Verdünnung den positiven Ausfall der Reaktion in Frage stellt. Hier würde also die Komplementbindungsmethode versagen, während sich mit dem Uhlenhuthschen Präzipitinverfahren unter Umständen noch positive Ergebnisse erzielen lassen.

Zwecks Prüfung dieser Frage haben wir sogenannte Breslauer Würste mit einem Zusatz von 10% Pferdefleisch, sowie mit verschiedenen ablenkenden Gewürzen und Salzen herstellen lassen, und zwar rohe, heiß geräucherte und, wie gebräuchlich, 6 Minuten gebrühte, sowie heiß geräucherte und 15 Minuten gekochte.

Bei den rohen Würsten konnte durch beide Methoden mit Sicherheit der Nachweis von Pferdefleisch erbracht werden. Die bereits an und für sich ablenkende Wurstlösung mußte bei der Komplementablenkung natürlich stark verdünnt werden.

Bei der heiß geräucherten Wurst ließ sich mit dem Uhlenhuthschen Verfahren eine deutliche, nach etwa 5—10 Minuten auftretende spezifische Reaktion beobachten, desgleichen bei der heiß geräucherten und 6 Minuten gebrühten Wurst. In letzterem Falle trat die Reaktion allerdings etwas schwächer und später, etwa nach 10—20 Minuten auf. Die Komplementbindungsmethode führte bei der lediglich heiß geräucherten Wurst zu einem positiven, bei der heiß geräucherten und nachträglich 6 Minuten gebrühten Wurst dagegen zu einem negativen Ergebnis.

Bei den heiß geräucherten und 15 Minuten gekochten Würsten versagten beide Methoden, die Komplementbindung und die Präzipitation. Die Gründe hierfür haben wir bereits oben ausführlich erörtert. Wenn man von dem letzten Fall absieht, wo durch den längeren Kochprozeß anscheinend sämtliche Eiweißstoffe koaguliert waren, zeigte sich in einem Falle mithin die Präzipitation der Komplementbindung überlegen.

Die angeblich größere Spezifität der Neisser-Sachsschen Methode gegenüber dem Uhlenhuthschen Verfahren spielt für die Praxis eine unwesentliche Rolle. Denn bezüglich der Präzipitinmethode ist die Gefahr einer Täuschung durch heterologe Trübungen mit Rücksicht auf den vorgeschriebenen Verdünnungsgrad von 1 : 300 und die von Uhlenhuth geforderte beschränkte Beobachtungsdauer ausgeschlossen. Aber selbst wenn man gleichwohl das Auftreten heterologer Trübungen bei dieser Verdünnung als möglich annehmen wollte, so können sie denjenigen, der nur ein einziges Mal die Präzipitinreaktion gesehen hat, nicht irre führen (Nuttall 23).

Aus unseren vergleichenden Untersuchungen ergibt sich, daß die Neisser-Sachssche Komplementbindungsmethode wegen ihrer Empfindlichkeit bei gekochten Würsten in vielen Fällen gute Dienste leisten wird.

Die von einigen Autoren auch bei starker Konzentration der Untersuchungsflüssigkeit und bei Mischungen verschiedener Eiweißstoffe betonte größere Spezifität der Komplementbindung kommt für die praktischen Untersuchungen zum Nachweis von Pferdefleisch in der Wurst nicht in Betracht.

Dem Vorzug der größeren Empfindlichkeit der Komplementbindungsmethode gegenüber der Präzipitinmethode stehen bezüglich der praktischen Anwendung aber folgende beachtenswerte Nachteile entgegen:

Erstens führt die Komplementbindungsmethode im Gegensatz zur Präzipitation überhaupt nicht zum Ziel, wenn die Untersuchungsflüssigkeit bereits ohne Antiserumzusatz ablenkend wirkt, sodaß dieser Fehler nur auf Kosten der positiven Reaktion beseitigt werden kann, oder wenn das verwendete Antiserum bereits für sich allein in der für die Reaktion notwendigen Menge ablenkt, was allerdings nur selten vorkommt.

Zweitens ist die Technik der Komplementbindungsmethode derartig umständlich und in ihrer Beurteilung so schwierig, daß ihre Einführung in die allgemeine Praxis nicht empfohlen werden kann.

Auch ist die Ausführung der Methode außerordentlich zeitraubend, während die Uhlenhuthsche Methode nach Herstellung der klaren Untersuchungslösung, selbst bei vorhergehender Titerbestimmung längstens 45 Minuten beansprucht, erfordert die Ausführung der Komplementablenkung einschließlich der notwendigen Voruntersuchungen mindestens 6—8 Stunden. Auch aus diesem Grunde wird sich die Komplementbindungsmethode kaum einbürgern, zumal die gewöhnliche Präzipitinreaktion in kurzer Zeit zweifelsfreie Ergebnisse zeitigt.

Ferner sind für die Komplementbindung eine größere Zahl von Reagentien notwendig, deren Beschaffung überdies teilweise noch umständlich ist. Während bei der Präzipitation nur Pferdeantiserum und normales Kaninchenserum verwendet wird, benötigt die Komplementbindungsmethode außerdem noch ein hämolytisches Serum, frisches Meerschweinchenserum und frisches Hammelblut. Demzufolge muß hierfür nicht nur ständig ein Hammel zur Verfügung stehen, sondern auch jedesmal ein Meerschweinchen geschlachtet werden.

Schließlich ist auch nicht unerwähnt zu lassen, daß die Komplementbindungsmethode nicht nur erheblich höhere sächliche Unkosten als das Uhlenhuthsche Verfahren verursacht, sondern sich auch dadurch sehr wesentlich verteuert, daß die wissenschaftlichen und technischen Arbeitskräfte hierbei ganz erheblich längere Zeit in Anspruch genommen werden.

Dazu kommt, daß man in der Praxis mit der Präzipitinmethode allein auskommt. In der Auslandsfleischbeschau handelt es sich um 4 kg schwere Fleischstücke, aus denen stets genügende Mengen von reaktionsfähigem Eiweiß extrahiert werden können. Und auch bei Verfälschungen der Wurst mit Pferdefleisch ist stets mit großen Mengen (mindestens 10%) zu rechnen. Die Komplementbindungsmethode kann jedoch mit herangezogen werden als Bestätigungsreaktion bei positivem Ausfall der Präzipitinreaktion. Bei negativem Ausfall der Präzipitinreaktion ist allein auf Grund der evtl. positiven Komplementablenkung ein Urteil in der Praxis nicht abzugeben.

Literaturverzeichnis.

1. Uhlenhuth, Weidanz und Wedemann, Über Technik und Methodik des biologischen Verfahrens zum Nachweis von Pferdefleisch. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1908, 28. Bd., Heft 3.

2. Neisser, M. und Sachs, H., Ein Verfahren zum forensischen Nachweis der Herkunft des Blutes. Berl. klin. Wochenschr. 1905, Nr. 44.

3. Bordet, J., Bull. Soc. roy. Sc. méd. et nat. Bruxelles 59. 174—176.

4. Gengou, O., Sur les sensibilisatrices des sérums actifs contre les substances albuminoides. Ann. de l'Inst. Pasteur, 1902, T. 16.

5. Moreschi, C., Zur Lehre von den Antikomplementen. Berl. klin. Wochenschr. 1905, Nr. 37.

6. Friedberger, E., Zur forensischen Eiweißdifferenzierung auf Grund der hämolytischen Methode mittels Komplementablenkung nebst Bemerkungen über die Bedeutung des Präzipitats für dieses Phänomen. Deutsche med. Wochenschr. 1906, Nr. 15.

7. Rickmann, W., Beitrag zur biologischen Eiweißdifferenzierung. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene, 17. Jahrg., 1907, Nr. 6 und Arbeiten aus dem Kgl. Institut für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M. Jena 1907, H. 3.

8. Bauer, J., Über die Spezifität der biologischen Eiweißdifferenzierung. Arbeiten aus dem Königl. Institut für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M. 1907, H. 3.

9. Uhlenhuth, P., Das biologische Verfahren zur Erkennung und Unterscheidung von Menschen- und Tierblut, sowie anderer Eiweißsubstanzen und seine Anwendung in der forensischen Praxis. Verlag von Gustav Fischer. Jena 1905.

10 Sachs, H. und Bauer, J., Über die Differenzierung des Eiweißes in Gemischen verschiedener Eiweißarten. Arbeiten aus dem Königl. Institut für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M. 1907. J. 3.

11. Sachs, H., Über das Zusammenwirken normaler und immunisatorisch erzeugter Ambozeptoren bei der Hämolyse. Deutsche med. Wochenschr. 1905, Nr. 18.

12. Uhlenhuth, P., Die Komplementablenkung und Bluteiweißdifferenzierung. Deutsche med. Wochenschr. 1906, Nr. 31.

13. Derselbe, Komplementablenkung und Bluteiweißdifferenzierung. Deutsche med. Wochenschr. 1906, Nr. 51.

14. Neisser, M. und Sachs, H., Die forensische Blutdifferenzierung durch antihämolytische Wirkung. 2. Mitteilung. Berl. klin. Wochenschr. 1906, Nr. 3.

15. Dieselben, Bemerkungen zu der Arbeit von Prof. Uhlenhuth über Komplementablenkung und Bluteiweißdifferenzierung. Deutsche med. Wochenschr. 1906, Nr. 39.

16. Moreschi, C., Zur Lehre von den Antikomplementen. 2. Mitteilung. Berl. klin. Wochenschr. 1906, Nr. 4.

17. Uhlenhuth, P., Über die Verwertbarkeit der Komplementablenkung für die forensische Praxis und die Differenzierung verwandter Blut- und Eiweißarten. Tagung der freien Vereinigung für Mikrobiologie in Berlin 1906. Zentralbl. f. Bakteriologie usw. Referate. Bd. 38, 1906.

18. Wassermann, A., Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankh. der Haustiere Bd. 1, 1906.

19. Schütze, A., Über die Anwendung der Ablenkung hämolytischer Komplemente zum Nachweis von Pferdefleisch. Med. Klinik 1906, Nr. 18.

20. Borchmann, K., Notwendigkeit der Untersuchung von mit Pferde-, Hunde-, Hirsch-, Renntierfleisch usw. verfälschten Fleisch- und Wurstwaren mittels der sogenannten biologischen Methode durch Tierärzte. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene 1906, H. 3.

21 Weidanz, O., Die Anwendung des biologischen Verfahrens zum Nachweis von Pferdefleisch. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene. 18. Jahrg. 1907, H. 3.

22. Liefmann, H, Über die Komplementablenkung bei Präzipitationsvorgängen. Berl. klin. Wochenschr. 1906, Nr. 15.

23. Hecker, R., Beiträge zur Kenntnis der hämolytischen Komplemente. Arbeiten aus dem Königl. Institut für experimentelle Therapie in Frankfurt a. M. 1907, H. 3.

24. Carnwath, Zur Technik der Untersuchung kleinster Blutspuren. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte 1907, 27. Bd., H. 2.

25. Nuttall, G. H. F., Blood immunity and blood relationship. Cambridge 1904.

Aus dem bakteriologischen Laboratorium der hygienisch-chemischen Untersuchungsstelle beim Sanitätsamt II. Armeekorps.

Die Anwendung des biologischen Verfahrens zum Eiweißnachweis in Fettgewebe und ausgelassenem Fett (Schmalz).

Von

Stabsarzt **Dr. Hüne,**

früher kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Bereits vor mehreren Jahren hat Uhlenhuth auf die Anwendung seiner Methode auch bei fetthaltigen Organen (Knochenmark) hingewiesen und zusammen mit Weidanz festgestellt, daß die biologische Reaktion Erfolg verspreche, wenn in dem zu untersuchenden Fettgewebe eine genügende Menge reaktionsfähiges Eiweiß ausgelaugt werden kann. Beumer hat dann durch Extraktion von Knochenmarkfettgewebe Eiweißlösungen erhalten, die er für die Differenzierung von Tier und Menschenknochen erfolgreich verwendete. Schütze kam zu ähnlichen Ergebnissen. Auch bei der Untersuchung von Butter und Margarine ist von Schütze und Uhlenhuth das biologische Verfahren mit Erfolg angewandt worden.

Schon bei meinen Arbeiten mit der Präzipitinmethode im Kaiserlichen Gesundheitsamte erschien es mir wichtig, reines Fettgewebe und möglicherweise auch käufliches Fett (Schmalz) zum biologischen Eiweißnachweis zu benutzen, Durch äußere Umstände behindert, war ich erst jetzt in der Lage, dieser Frage wieder näher zu treten.

Meine Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf Fettgewebe verschiedener Tierarten und verschiedener Herkunft, nach Entfernung aller Häute und sehnigen Bestandteile. In allen ist mir der Nachweis von spezifischem Eiweiß ohne besondere Schwierigkeiten gelungen. Vor allen Dingen muß das Fett zunächst sorgfältig durch Behandeln mit einem Lösungsmittel entfernt werden. Dieses wird wesentlich durch Zertrümmerung der Fettzellen beschleunigt, da diese durch ihre Unlöslichkeit dem Eindringen des Lösungsmittels Widerstand entgegen setzen. Zum Lösen des Fettes eignet sich wegen seiner Billigkeit am besten Benzin. Noch besseres und schnelleres Arbeiten, besonders zum Beseitigen der letzten Spuren Fett, erreicht man durch die Anwendung von Äther.

Das Verfahren wäre kurz folgendes:

Zerschaben des Fettgewebes und Entfernen des Fettes durch wiederholtes Zusetzen von auf 37° C. angewärmtem Benzin, Umrühren und vorsichtiges Abgießen der Flüssigkeit vom Bodensatz. Wiederholtes Verreiben des Rückstandes in einem auf 35—40° angewärmten Mörser und Ausziehen mit Benzin, bis das abgegossene Benzin auf Papier keinen Fettfleck hinterläßt und der Rückstand eine reine Fleischfarbe (beim Pferdefleisch dunkelbraun, beim Schweinefleisch rosa usw.) annimmt. Trocknen des Rückstandes im Brutschrank (bei 37° C.). Die Masse muß vollständig trocken und faserig-bröcklich sein. Die weitere Benutzung des so vorbereiteten Zellgewebes durch Ausziehen mit Wasser (dest. Wasser hat sich mir stets besser bewährt als Kochsalzlösung) geschieht in der in den Uhlenhuthschen Veröffentlichungen angeführten Weise.

Um im Fettgewebe Eiweiß nachzuweisen, braucht man selbstverständlich mehr Material wie von eiweißreicheren Substanzen z. B. Fleisch, Blut usw.

Nach König[1]) enthält das Fettgewebe des Netzes von allen zum Vergleich herangezogenen tierischen Organen am wenigsten Membransubstanz z. B. im Durchschnitt beim Hammel 0,83 %, beim Ochsen 0,31 %, beim Schwein 0,99 %.

Hiernach sollte man annehmen, daß man zum biologischen Eiweißnachweis im genannten Fettgewebe von diesem große Mengen verarbeiten müßte. Wie wenig jedoch in Wirklichkeit notwendig ist, möge folgender Versuch zeigen: Je 100,0 g Netz-Fettgewebe vom Schwein und Pferd werden in der oben angegebenen Weise vom Fett befreit. Es bleiben 0,5 g bezw. 0,92 g Rückstand. Hiervon ergeben je 0,1 g, 24 Stunden bei 37° mit Wasser[2]) ausgezogen, mehr als 10,0 g einer 0,1—0,3 %igen Eiweißlösung, wie sie zur Präzipitinmethode gebraucht wird. Man würde also von dem gesamten aus 100,0 g Fettgewebe erhaltenen Rückstand beim Schwein etwa 50,0 g, beim Pferd etwa 90,0 g Eiweißlösung gewinnen.

Zur Ausführung des biologischen Verfahrens kann man mit 0,5 g Flüssigkeit in jedem Röhrchen auskommen. Man braucht einschl. der Eiweißgehaltbestimmung etwa 8 Röhrchen d. h. 4,0 g. Demnach reicht der wässerige Auszug aus dem Rückstand des Schweinefettgewebes (50,0 g) zu mindestens 12, des Pferdefettgewebes (90,0 g) zu mindestens 25 Untersuchungen und man hat zu einer Untersuchung des zell- (eiweiß-) ärmsten Netzfettgewebes beim Schwein etwa 8,0 g, beim Pferd nur etwa 4,0 g nötig.

Von membranreicherem Fettgewebe bleibt bedeutend mehr Rückstand bei der Behandlung mit Benzin, z. B. erhielt ich von Bauchspeck beim Pferd 5,33 %, beim Schwein im Mittel 4,27 % beim Rind 5,83 %.

Von den käuflichen Fettsorten (Schmalz) enthalten die reinweißen, welche nur unter geringer Erwärmung ausgelassen sind, ebenfalls meist hinreichende Zellstoffe, so daß sie sich für den biologischen Eiweißnachweis eignen: nur muß man etwa 50,0 g

[1]) König: „Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel." Verlag Julius Springer-Berlin 1889.

[2]) Wie schon erwähnt, halte ich als Auszugsmittel destilliertes Wasser für geeigneter wie physiologische Kochsalzlösung, da im ersteren wasserlösliche Substanzen durch die sofort kräftig einsetzende Osmose stark aufquellen und ihr Eiweiß rascher abgeben.

Material mit Benzin oder Äther behandeln. Man läßt die ersten Auszüge am besten unter wiederholtem Umrühren oder Umschütteln 24 Stunden bei 37° stehen. Wegen der Leichtigkeit der feinen Zellreste ist ein vorsichtiges Abgießen des Benzins (unter Umständen nach längerem Zentrifugieren) und ein besonders sorgfältiges Entfernen des Fettes nötig. Zum Ausziehen des Eiweißes darf nur die allernotwendigste Wassermenge benutzt werden.

Die im Handel vorkommenden gelben Schmalzsorten sind fast stets unter so starkem Erhitzen gewonnen, daß die in ihnen vorhanden gewesenen reaktionsfähigen Eiweißsubstanzen zerstört sind.

Über eine neue Vorrichtung zur Gewinnung keimfreier Sera in größeren Mengen.

Von

Dr. Xylander,
Königlich Sächsischem Oberarzt im 1. (Leib-)Gren.-Regt. Nr. 100, früher kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte,

und

Dr. Woithe,
Königlich Bayerischem Oberarzt im 5. Chev.-Regt., kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Die Gewinnung größerer Mengen keimfreier Sera macht bei Anwendung der gebräuchlichen Vorrichtungen ganz erhebliche Schwierigkeiten und stellt das technische Können derer, die mit der Entnahme und weiteren Verarbeitung des Blutes betraut sind, auf eine harte Probe. Die Schwierigkeiten wachsen mit der Quantität des zu verarbeitenden Materials und in dem Maße, wie die Größe der Gefäße usw. zu-, ihre Handlichkeit abnimmt. Äußerst zahlreich sind die Möglichkeiten der Verunreinigung von Blut bezw. Serum auf dem langen Wege vom Tierkörper über alle Etappen bis in das Serumröhrchen bezw. -Versandglas. Besonders fühlbar dürften sich die Unzuträglichkeiten im Großbetriebe der Serumgewinnung machen, wo es sich um die Ausbeutung ganz erheblicher Blutmengen handelt. Wenn auch in der Regel nur solche Leute mit den nötigen Hantierungen betraut sind, die über eine gediegene bakteriologisch-technische Ausbildung verfügen, so muß man doch daran denken, daß das empfindliche Material gelegentlich auch einmal durch weniger geübte Hände geht, somit also die Gefahr der Verunreinigung, Infektion und infolgedessen des Verderbens wertvoller Sera oft vorhanden ist.

Wir haben uns nun bemüht, durch die Konstruktion der unten zu beschreibenden Vorrichtung die technischen Schwierigkeiten der Serumgewinnung im Großbetriebe zu verringern. Unser Apparat, der unserer Meinung nach auch in weniger geschickten Händen Ersprießliches leistet, ermöglicht mit verhältnismäßig einfachen Mitteln ein vollständig aseptisches Arbeiten. Sein Hauptvorteil besteht darin, daß Blut resp. Serum von der Vene des Tieres bis in das Vorratsglas in einem geschlossenen System fließen und mit der Außenwelt nicht in Berührung kommen. Ein Eindringen von Keimen ist während des ganzen Prozesses der Serumgewinnung infolge der eigenartigen Konstruktion der Vorrichtung und der organischen Verbindung aller ihrer Teile völlig ausgeschlossen.

Wir legen viel Gewicht darauf, daß mit Hilfe unseres Apparates ein Serum gewonnen wird, das keimfrei ist und sich ohne Filtration und Zusätze — etwa Karbolsäure — hält, wollen jedoch ausdrücklich von vornherein bemerken, daß einer Filtration bezw. dem Zusatz von Desinfizientien nichts im Wege steht. Diese Manipulationen können eventuell leicht ausgeführt werden, ohne daß das Prinzip unseres Apparates, das des „geschlossenen Systems", deshalb durchbrochen zu werden braucht.

Wir wollen im Folgenden die Vorrichtung beschreiben und eine genaue Gebrauchsanweisung geben.

Blut resp. Serum fließen, wie gesagt, von der Vene bis zum Vorratsglas in einem geschlossenen System. Auf diesem Wege gelangt das Material zunächst durch eine Kanüle mit angeschlossenem Gummischlauch in ein eigenartig konstruiertes Standgefäß, in dem sich Blutkuchen und Serum voneinander trennen; während der erstere hier zurückbleibt, wird das Blutwasser daraus abgesogen, in die Abfüllvorrichtung und schließlich in eine Vielheit von kalibrierten Vorratsröhrchen gebracht, die man durch Zuschmelzen verschließt. Zwischen die beiden Hauptteile des Apparates, Standgefäß und Abfüllvorrichtung, läßt sich ohne weiteres ein Filter einschalten, evtl. kann auch eine Anordnung getroffen werden, die ein Zusetzen genau dosierter Mengen von Antisepticis gestattet.

Beschreibung der Vorrichtung.

(vgl. Fig. 1 und 2).

1. Das Standgefäß.

Das Standgefäß, in welchem das Blut aufgefangen wird, das Serum sich vom Blutkuchen trennen soll, hat zylindrische Gestalt. Der Durchmesser des Glases beträgt etwa 8,5 cm. Es wird oben durch einen zweimal durchbohrten Blechdeckel mit übergreifendem Rand abgeschlossen, der sich mittels eines breiten Gummibandes festhalten und nach dessen Fortnahme leicht abheben oder herumdrehen läßt. Durch den vom Glas des Gefäßes rings auf den Blechrand des Deckels übergreifenden Gummiring wird ein luftdichter Verschluß erzielt, ohne daß ein Drahthebel oder dergleichen zur Anwendung kommt. Der Deckel besitzt, wie erwähnt, zwei Öffnungen, und zwar eine zentrale und eine peripher nahe am umgebogenen Blechrand gelegene. Während in die erstere eine Stopfbüchse zur Aufnahme des unten zu beschreibenden verschiebbaren Metallrohres eingefügt ist, sitzt auf der peripheren Öffnung ein etwa 2 cm weiter, kurzer Rohrstutzen, der sich mittels eines Gummistopfens verschließen läßt. Hier tritt durch eine Bohrung des Stöpsels ein Glasrohr ein, über dessen äußeres Ende der mit der Kanüle armierte Gummischlauch gestreift wird.

An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen der Innenseite des Metalldeckels ist ein zweimal rechtwinklig gebogenes schmales Blechband festgelötet und zwar so nahe am Rande, daß es sich in seiner ganzen Länge möglichst dicht an Seitenwand und Boden des Standgefäßes anlegt. Dreht man den Metalldeckel auf dem Glasrand

herum, so schleift dieser Blechbügel dicht an der Innenseite des Glases hin. Diejenigen Ränder des Blechbandes, welche bei der Drehung im Sinne des Uhrzeigers vorausgehen, sind zugeschärft.

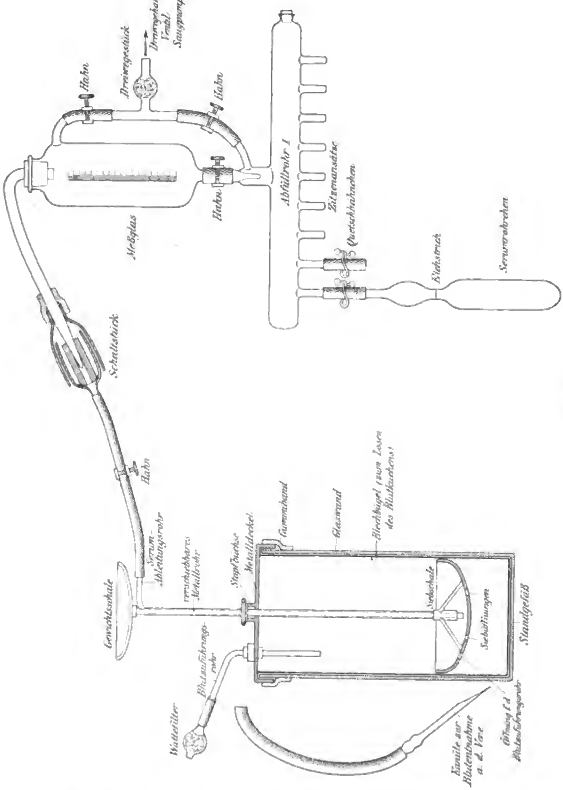


Fig. 1.

Die Stopfbüchse, welche in die mittlere Öffnung des Deckels eingesetzt ist, enthält in Specksteinpulver eingebetteten Docht; auf diese Füllmasse kann durch An-

ziehen einer zentral durchbohrten Dichtungsmutter ein beträchtlicher Druck ausgeübt werden, sodaß das in der Stopfbüchse gleitende Rohr in jeder Höhe festzustellen ist und dabei ein luftdichter Abschluß erzielt wird. Das erwähnte Metallrohr ist etwa 0,8 cm weit und trägt am unteren Ende, also innerhalb des Standgefäßes eine siebartig durchlöcherte Schale mit leicht ausgehöhltem Boden. Ihr Rand ist etwa 1,5 cm hoch, der Durchmesser so berechnet, daß sie sich ebenso wie der Blechbügel möglichst dicht an die Glaswand anlegt. An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen ist der Rand rinnenförmig eingekerbt; in diese Vertiefungen kommt der Bügel zu liegen, sodaß er der Schale beim Heben und Senken gewissermaßen als Führung dient. Das Metallrohr endet dicht über dem Zentrum der Schale, das infolge der Bodenwölbung den tiefsten Punkt bildet, frei aus. Unter den Löchern des Schalenbodens ist eines besonders groß und so angebracht, daß es beim Heben der Schale das Blutzuführungsrohr aufzunehmen vermag. Infolge dieser Anordnung läßt sich das Blut in das Gefäß bringen, ohne daß es die Schale benetzt. Am äußeren Ende ist das in der Stopfbüchse gleitende Metallrohr mit einem seitlichen Ausschnitt versehen, der zur Aufnahme der Krümmung eines rechtwinklig gebogenen Glasrohres dient, dessen längerer Schenkel innerhalb des Metallrohres bis fast auf den Boden der Siebschale verläuft. Ein kurzes Stück über das Glasrohr gestreiften Gummischlauches sorgt für die nötige Abdichtung zwischen Glas- und Metallrohr. Auf das geschlitzte Ende des letzteren läßt sich mittelst einer kleinen Hülse eine Gewichtsschale aufsetzen.

So trägt also das in der Stoffbüchse gleitende Metallrohr unten die Siebschale, oben die Gewichtsplattform, während in ihrem Innern das oben abgebogene, der Ableitung des Serums dienende Glasrohr verläuft, welches die Verbindung zwischen Standgefäß und Abfüllvorrichtung vermittelt. Wird das Blutzuführungsrohr verschlossen, so läßt sich der Apparat evakuieren, da er überall luftsicher abgedichtet ist; außerdem vertragen alle Teile die Hitze des strömenden Dampfes, sodaß man das Ganze leicht sterilisieren kann.

(Zu dem beschriebenen Standgefäß gehört noch ein einfacher, aus Blechstreifen gebildeter Korb, der sich mittels eines großen Hakens am Rock des mit dem Apparat Arbeitenden befestigen läßt; wir werden unten den Zweck dieses Korbes erörtern).

Eigenartig und neu ist das **Schaltstück,** das dazu dienen soll, zwischen Standgefäß und Abfüllvorrichtung eine Verbindung zu bilden, die jederzeit gelöst und wiederhergestellt werden kann, ohne daß dabei die zu verbindenden Rohrenden durch Keime von außen infiziert werden. Dieses Schaltstück sei hier besonders beschrieben:

Es besteht aus zwei kleinen Glasglocken, von denen eine über die andere gestülpt ist, so zwar, daß die Scheitel (halsartig ausgezogen) nach außen sehen. In die engere ist ein kurzes Glasrohr eingeschmolzen, so daß es außen etwa 3 cm, innen 1 cm vorsteht. Innen wird ein etwa 3 cm langes Stück dicken (Vakuum-) Gummischlauches aufgesezt. In das Lumen der größeren Glocke, welche an ihrem Halse mit einer weiten Öffnung versehen ist, ragt ebenfalls, aber länger, ein Glasrohr hinein. Ein kurzes Stück übergestreiften Gummischlauches verbindet es mit dem Hals der Glocke, während das freie Ende im Innern der letzteren ein wenig konisch ausgezogen ist, so daß man es leicht in den Gummischlauch (der in der anderen Glocke steckt)

hineinschieben kann. Das in die kleinere Glocke eingeschmolzene (innerhalb der letzteren mit dem Gummirohr armierte) Glasrohr steht mit dem Serum-Ableitungsrohr des Standgefäßes, das in der größeren steckende mit der Abfüllvorrichtung in Verbindung. Sollen die beiden Hauptteile des Apparates — etwa zum Zwecke des Sterilisierens — von einander getrennt werden, so bleibt an jedem die entsprechende Hälfte des Schaltstücks befestigt, das somit dabei auseinandergenommen wird.

2. Die Abfüllvorrichtung.

Dieser zweite Hauptbestandteil des Apparates setzt sich zusammen aus dem Meßgefäß und dem mit zitzenartigen Ansätzen versehenen Abfüllrohr, an welches eine Anzahl von Serumgläschen anzuschließen ist. Meßgefäß und Abfüllrohr sind miteinander verbunden und an einem Stativ so befestigt, daß die Mensur über das Zitzenrohr zu stehen kommt.

Das Meßglas hat zylindrische Gestalt und soviel Rauminhalt, wie die Gesamtheit der größten zur Verwendung kommenden Serumgläschen. Es ist auf Auslauf kalibriert; die eingeritzte Teilung gestattet das Ablesen ganzer Kubikzentimeter. Am oberen und unteren Ende ist die Mensur halsartig ausgezogen, und zwar so, daß oben ein Gummistopfen aufgesetzt, unten ein Gummischlauch übergezogen werden kann. Dicht unterhalb der Stöpselöffnung, in welche das Verbindungsrohr Schaltstück-Standgefäß einmündet, ist seitlich ein außen nach unten gebogenes Glasrohr angeschmolzen.

Das zylindrische, in horizontaler Lage festgeklemmte Abfüllrohr, dessen eines Ende geschlossen ist, während sich am anderen eine durch Stöpsel zu verschließende Öffnung befindet, trägt auf der Unterseite 9—10 zitzenartig angeschmolzene Glasansätze. In der Mitte der gegenüberliegenden Seite, also oben, sitzt auf ihm vertikal ein kurzes, weites Rohr, in welches von oben her ein engeres hineinragt. Seitlich, oberhalb der Mündung des letzteren zweigt sich ein zweites, nach oben gebogenes Glasrohr ab, das ebenso wie das korrespondierende, nach unten gebogene seitliche Ansatzrohr des Meßgefäßes durch Gummischläuche mit einem Dreiwegestück in Verbindung steht. Der dritte, freie Schenkel des letzteren, der eine kugelartige, mit Watte zu füllende Ausweitung besitzt, wird beim Abfüllen des Serums an eine Wasserstrahl-Saugpumpe angeschlossen.

Die an den Zitzenansätzen des Abfüllrohres mittels kurzer, durch Quetschhähne verschließbarer Gummischläuche befestigten Serumröhrchen bestehen aus leicht schmelzbarem Glase und zeigen die aus der Abbildung ersichtliche Form.

Zu allen Verbindungen am Abfüllapparat — mit Ausnahme derjenigen zwischen Abfüllrohr und Serumröhrchen — muß Vakuumschlauch verwendet werden, der nicht mit gewöhnlichen Mohrschen, sondern mit kräftigen Schraubenquetschhähnen zu armieren ist. Solche Hähne sind an vier Stellen anzubringen, nämlich: zwischen zwei Schenkeln des Dreiwegestückes einerseits und Meßgefäß bezw. Abfüllrohr anderseits, sodann zwischen Meßgefäß und Abfüllrohr, endlich zwischen Schaltstück und Standgefäß.

Wenn das Serum filtriert oder mit Karbolsäure versetzt werden soll, so ist zwischen Standgefäß und Abfüllvorrichtung ein Meßzylinder mit vierfach durchbohrtem Gummistopfen und folgender Armierung einzufügen: Die erste Bohrung des Stopfens

ist zur Aufnahme des Filters bezw. eines kleinen Meßgefäßes (für Karbolsäure oder dergl.) bestimmt, in die zweite kommt das mittels eines zweiten Schaltstückes mit dem Standgefäß zu verbindende, direkt unterhalb des Stopfens mündende Serumzuleitungsrohr, während das bis auf den Boden reichende Ablaufrohr, welches an das Schaltstück der Abfüllvorrichtung anzuschließen ist, in der dritten Bohrung, ein kurzes, gewöhnlich durch Quetschhahn verschlossenes Ansaugrohr in der vierten steckt. Soll filtriert werden, so muß das Filter direkt mit dem Schaltstück des Standgefäßes in Verbindung gebracht, das Zuleitungsrohr am Meßzylinder geschlossen werden. Selbstverständlich kann man auch gleichzeitig filtrieren und Desinfizientien zusetzen, man braucht dann nur Filter und Meßgefäß für Karbolsäure in den Stopfen des Meßzylinders einzusetzen. Derartige Modifikationen liegen ja sehr nahe.

Gebrauchsanweisung.

Man sterilisiere zunächst die Hauptbestandteile des Apparates, jeden für sich, im strömenden Wasserdampf. Dabei ist zu beachten, daß die offenen Glocken der Schaltstücke mit Wattepfropfen verschlossen sein müssen. Danach kann man zur Blutentnahme schreiten, die mittels des mit Schlauch und Kanüle armierten Stand gefäßes in folgender Weise geschieht: Das Metallrohr sei soweit gehoben, daß die Siebschale dicht unter dem Metalldeckel steht und das Blutzuführungsrohr durch das dafür bestimmte Loch der Schale einige Zentimeter weit in das Glas ragt, der Hahn am Serumableitungsrohr sei geöffnet. Dann wird die Kanüle, welche bis jetzt von einem mit Watte ausgefüllten Reagensglas umgeben war, von der schützenden Umhüllung befreit und nach gründlicher Säuberung der Haut des Tieres in die Halsvene gestoßen. Ist das Gefäß richtig getroffen, so fließt das Blut durch den kurzen und weiten Gummischlauch in das Standgefäß. Bei einiger Vorsicht läßt sich ein Verstopftwerden des Rohrs durch Coagula vermeiden. Eventuell könnte man durch leichtes Evakuieren — etwa mittels einer kleinen Saugpumpe oder auch nur durch Ansaugen mit dem Munde am Schaltstück bezw. einem hier angeschlossenen Glasrohr — dafür sorgen, daß kleine Gerinnsel weiterbefördert werden. Es empfiehlt sich sehr, bei dieser Prozedur das Standgefäß in den oben erwähnten aus Blechstreifen zusammengebogenen Korb zu stellen, der sich mittels eines großen Blechhakens in einem Knopfloch, an einem Gurt oder schließlich auch an dem Strick, der dem Tier zwecks Stauung um den Hals gebunden wird, aufhängen läßt. Man hat bei Verwendung dieses Korbes, der mit dem Apparat zusammengeliefert werden kann, die Hände frei und braucht keine Assistenz.

Nach Beendigung der Blutentnahme werden Blutzuführungs- und Serumableitungsrohr durch Quetschhähne verschlossen; sodann stellt man das Standgefäß ruhig hin, damit das Blutwasser sich vom Blutkuchen trennen kann. Sobald das Blut zu gerinnen beginnt, dreht man vorsichtig den Deckel (Gummiband, wenn zu stramm, etwas lösen!) um 180° herum, sodaß der an ihm befestigte Blechbügel allseitig das gerinnende Blut von der Glaswand des Standgefäßes ablöst. Diese Prozedur („Lösung" des Blutkuchens) kann man während des Gerinnungsvorganges mehrfach wiederholen. Legt man großen Wert auf ein völlig hämoglobinfreies Serum, so muß man dabei

sehr vorsichtig verfahren, da durch rigorose Handhabung der Lösungsvorrichtung (Blechbügel) zwar die Serumausbeute gesteigert, andererseits aber Hämoglobin frei gemacht wird, so daß das Serum sich rot färbt. Ist dann die Trennung von Blutkuchen und Serum erfolgt, so versuche man, um möglichst viel Serum zu erhalten,

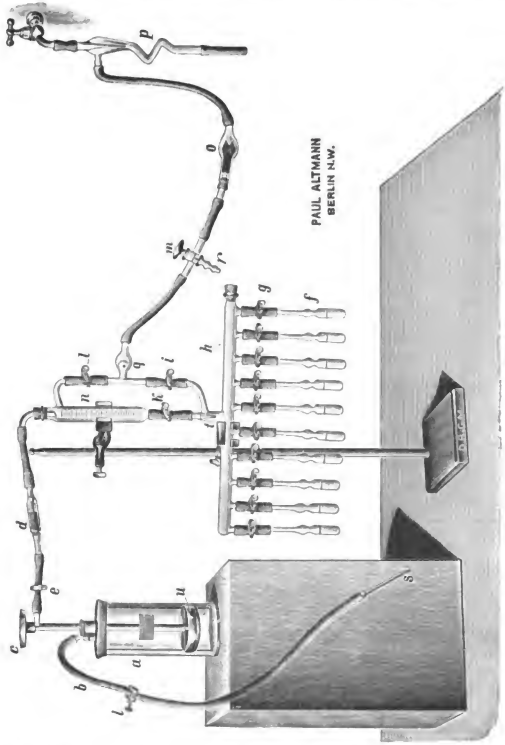


Fig. 2.

in folgender Weise den Blutkuchen auszupressen: Das Metallrohr werde oberhalb der Stopfbüchse mit Alkohol abgerieben und abgebrannt. Nachdem es auf die Weise sterilisiert ist, senke man es nach Lösung der Stopfbüchsenmutter, bis der Boden der

Siebschale auf dem Blutkuchen aufliegt. Dabei fließt das Serum durch die Löcher der Schale; letztere taucht je nach der Menge des ausgeschiedenen Blutwassers mehr oder weniger tief in dasselbe ein. Das Senken soll vorsichtig und langsam vorgenommen werden. Das Auspressen des Blutkuchens mittels der Siebschale erreicht man durch vorsichtige Belastung der Gewichtsschale mit steigenden Gewichten. Da der Blutkuchen den Wänden nicht mehr fest anliegt, kann man auf diese Weise noch eine erhebliche Menge Serum gewinnen, die sonst verloren wäre. Ohne die allseitige Lösung des geronnenen Blutes wäre das nicht möglich, da der Blutkuchen bei Druck von oben als Stempel wirken, alles etwa ausgedrückte Serum gegen den Boden pressen und nicht nach oben gelangen lassen würde. Durch unsere oben beschriebene Anordnung erreichen wir, daß das ausgepreßte Serum an der Glaswand in die Höhe steigt und dann von der Seite her durch die Sieböffnungen in die Schale läuft.

Sobald die letztere ihren tiefsten Stand erreicht hat und eine weitere Pressung nutzlos erscheint, kann man zur Abfüllung des gewonnenen Serums übergehen. Zu diesem Zweck verbindet man nach Entfernung der die Glocken des Schaltstückes verschließenden Wattestopfen das Ableitungsrohr des Standgefäßes mit dem Zuleitungsrohr der Abfüllvorrichtung, indem man die Teile des Schaltstücks vereinigt (Glocke in Glocke, konisches Glasrohr in Gummirohr). Außerdem darf man natürlich nicht vergessen, am Blutzuführungsrohr des Standgefäßes den Verschluß zu lösen und hier ein mit Watte gefülltes Rohr zur Filtration der bei der Serumabnahme nachdringenden Luft anzuschließen. Danach kann die Abfüllung beginnen; sie geht in folgenden Phasen vor sich: 1. Evakuierung der ganzen Abfüllvorrichtung, 2. Füllung des Meßgefäßes mit soviel Serum, als die Gesamtheit der verwendeten Serumröhrchen aufzunehmen vermag, 3. Füllung des Abfüllrohrs, 4. Füllung der Serumröhrchen bezw. Vorratsgläser. Im Einzelnen folgen die Manipulationen in folgender Weise aufeinander:

Zunächst werden an der Abfüllvorrichtung alle Hähne geöffnet; der Weg zum Standgefäß sei durch den Quetschhahn zwischen ihm und dem Schaltstück versperrt. Es wird nun mittels der an den freien Schenkel (Wattekugel) des Dreiwegestückes angeschlossenen Wasserstrahlsaugpumpe einige Minuten lang evakuiert. Sobald die Luft mutmaßlich zum größten Teil abgesaugt ist, sperrt man durch Schließen zweier Hähne (zwischen Meßglas und Abfüllrohr — zwischen Dreiwegestück und Meßglas) das Meßglas von der Pumpe ab, während die übrigen Teile der Abfüllvorrichtung weiter evakuiert werden können. Wird nun der Hahn am Ableitungsrohr des Standgefäßes geöffnet, so dringt das Serum aus letzterem in das Meßglas. Ist die gewünschte Menge übergelaufen, die betreffende Marke erreicht, so sperrt man den Zufluß wieder ab.

Will man sich von den Vorteilen der Siebschale überzeugen, so braucht man das Überfließen des Serums nur etwas stürmisch vor sich gehen zu lassen. Dann kann man beobachten, daß das Blutwasser völlig rein übergeht, von dem geronnenen Blut nichts mitgerissen wird. Außer diesem Vorteil, der dadurch erreicht wird, daß das Ableitungsrohr über dem soliden, nicht durchbohrten Zentrum der Schale mündet, erkennt man bei weiterem Absaugen noch einen anderen, der in der guten Ausnützung des Materials besteht: Die nach unten konvexe Schale hat sich so in den Blutkuchen eingedrückt, daß alles Serum, faßt bis auf den letzten Tropfen, vom

Rande her nach der Mitte der Schalenhöhlung läuft und von dort abgesaugt werden kann.

Wenn sich im Meßglas die nötige Menge Serum befindet, wird die Saugpumpe abgestellt. Die Hähne an den Zitzenansätzen müssen jetzt geschlossen werden. Danach kann die Füllung des Abfüllrohres erfolgen. Sie geschieht einfach durch Öffnen der Hähne i, k, l (Fig. 2), d. i. zwischen Abfüllrohr einerseits und Dreiwegestück sowie Meßglas andererseits, schließlich zwischen Meßglas und Dreiwegestück.

Es folgt nun die letzte Phase, die Füllung der kalibrierten und evakuierten Serumröhrchen: Man stelle den zwischen Saugpumpe und Dreiwegestück (außer dem gebräuchlichen Rückschlagventil noch) eingeschalteten Dreiwegehahn so, daß Luft in Meßglas und Abfüllrohr eindringen kann; das Wattefilter am Dreiwegestück befreit sie von Keimen. Dann erfolgt durch Neigen des Abfüllrohrs und vorsichtiges Öffnen der Quetschhähne nacheinander die Füllung der Serumröhrchen bis zu den eingeritzten Marken. Man muß dabei von einem Ende des Abfüllrohrs zum anderen langsam von Röhrchen zu Röhrchen fortschreiten und vor allem darauf achten, daß beim Öffnen der Hähne immer eine genügende Serummenge über dem betr. Ansatzrohr steht. Anderenfalls würde die in die Röhrchen eindringende Luft die Füllung mit Serum außerordentlich erschweren. Vor der Füllung des letzten (evtl. bei kleinen Gläschen schon des vorletzten) ist es nötig, das Abfüllrohr zunächst 90° um die Längsachse zu drehen und dann so zu neigen, daß das in den Glasansätzen stehende Serum aus diesen heraus dorthin geleitet wird, wo das zu füllende Röhrchen hängt. Wenn das Serum überall bis zur Marke steht, schmilzt man die Gläschen mittels einer Stichflamme oberhalb der spindelförmigen Erweiterung ab. Damit ist das Ziel erreicht, die Serumröhrchen sind versandfertig, ihr Inhalt ist während der ganzen Prozedur — Blutentnahme, Serumgewinnung und -abfüllung — nicht mit der Außenwelt in Berührung gekommen.

Will man mehr als 9—10 Röhrchen auf einmal, d. h. ohne daß die Abfüllvorrichtung von neuem sterilisiert wird, füllen, so bedarf man für je 9 bezw. 10 weitere Gläschen eines modifizierten Abfüllrohrs, das folgendermaßen beschaffen ist: Ein Rohr von den Maßen des oben beschriebenen trägt 9 Glasansätze; es ist am einen Ende geschlossen, am anderen zum Hals ausgezogen und hier offen; das aufgeschmolzene Rohr gegenüber den Zitzenansätzen kommt in Wegfall. Die letzteren sind mit Serumröhrchen armiert, wie oben beschrieben. Zum Gebrauch wird die Öffnung dieses modifizierten Rohres durch ein Schaltstück mit der des erstbeschriebenen verbunden. Man läßt dann das Serum erst in das Abfüllrohr I, dann in das Rohr II und von hier aus in die einzelnen Vorratsgläschen fließen. Sterilisiert wird jedes Rohr für sich; von dem Schaltstück muß natürlich von vornherein eine Hälfte mit Rohr I., die andere dazu passende mit den Rohren II., III. usw. verbunden sein. An die Wattestopfen in den Glocken der Schaltstücke sei an dieser Stelle nochmals erinnert. Die eigenartige Konstruktion unseres „Schaltstückes“ gestattet die Auswechslung der Abfüllrohre; ohne daß Keime in das Innere dringen, kann eins nach dem anderen an das Stammrohr angeschlossen werden.

Um Serumverlusten vorzubeugen sauge man stets nur soviel in die Abfüllvor-

richtung, wie die Gesamtheit der zu füllenden Röhrchen zu fassen vermag. Das Meßglas, das nur dann entbehrlich ist, wenn stets die gleiche Anzahl von Gläschen einer Größe mit Serum beschickt wird, gestattet die Verwendung von Vorratsröhrchen in beliebiger Zahl und Größe.

Hinsichtlich der Größe des Standgefäßes ist noch zu bemerken, daß auch darin ein gewisser Spielraum gegeben ist. Man kann Gläser von verschiedenem Rauminhalt in der beschriebenen Weise armiert bekommen. Es empfiehlt sich aber aus Gründen der Wohlfeilheit, den von uns vorgeschlagenen Durchmesser beizubehalten und nur die Höhe zu modifizieren. Dann läßt sich die Armatur ohne große Kosten anpassen.

Es sei noch mit wenigen Worten auf die evtl. einzuschaltende Vorrichtung zum Filtrieren, bezw. zum Zusetzen von Antisepticis eingegangen: Der Meßzylinder, dessen vierfach durchbohrter Verschlußstopfen in der oben beschriebenen Weise armiert ist, wird, wie erwähnt, mittels zweier Schaltstücke zwischen Standgefäß und Abfüllvorrichtung eingeschaltet. Er ist so groß zu wählen, daß die Gesamtmenge des im Standgefäß gewonnenen Serums in ihm Aufnahme finden kann. Zum Zwecke der Füllung wird er zusammen mit der Abfüllvorrichtung evakuiert, evtl. so lange, bis alles Serum das Filter passiert hat. Nach der Filtration oder nach dem Zusetzen des Desinfiziens, das sich in einem kleinen, mit Hahn versehenen und in einer Bohrung des Stopfens steckenden Meßgläschen befindet, wird das Serum portionsweise in das Meßglas der Abfüllvorrichtung weitergeleitet.

Ein näheres Eingehen auf Einzelheiten erübrigt sich; alles Nötige ergibt sich beim Gebrauch der Vorrichtung für jeden, der ihr Prinzip verstanden hat, von selbst. Wir sind der Ansicht, daß unser Apparat leicht zu bedienen ist und selbst in Händen, die mit der bakteriologischen Technik nicht vollständig vertraut sind, gute Dienste leisten wird.

Die beschriebene Vorrichtung wird von der Firma Paul Altmann, Berlin NW. hergestellt und verkauft.

Über Komplementablenkung durch Antivibrionen- und Antierythrocyten-Sera.

Von

Stabsarzt **Dr. Haendel,**

kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

I. Komplementablenkung durch Antivibrionen-Sera[1]).

Das Phänomen der Komplementablenkung ist zuerst von Bordet (1) im Jahre 1900 beobachtet und beschrieben worden. Er hatte bei seinen Untersuchungen über hämolytische Sera festgestellt, daß frisches Meerschweinchenserum, welches im Reagensglase 1—2 Stunden auf sensibilisierte Choleravibrionen eingewirkt hatte, nicht mehr imstande war, demselben Röhrchen zugefügte sensibilisierte Blutkörperchen aufzulösen. Ebenso fand er, daß bei umgekehrter Versuchsanordnung, nach Einwirkung des Meerschweinchenserums auf sensibilisierte Blutkörperchen, nachträglich zugefügte sensibilisierte Choleravibrionen nicht mehr beeinflußt wurden. Nach Bordets Ansicht kommt die Reaktion dadurch zustande, daß durch die Sensibilisatoren des zuerst mit dem Meerschweinchenserum zusammengebrachten Systems jeweils sämtliches Komplement gebunden wird. Auch eine im folgenden Jahre von ihm zusammen mit Gengou veröffentlichte Arbeit kommt zu dieser Schlußfolgerung (2). Nachdem später Moreschi (3), Gay (4) gezeigt hatten, daß auch bei Bildung eines Präzipitats Komplement absorbiert wird, neigte man vorübergehend mehr zu der Annahme, daß die Komplementablenkung überhaupt auf eine Verbindung von Präzipitin und Präzipitinogen zurückzuführen sei, kehrte aber dann namentlich im Hinblick auf die Untersuchungen von Moreschi (5), Wassermann (6), Liefmann (7) u. a. im allgemeinen wieder zu der von Bordet ursprünglich ausgesprochenen Anschauung zurück. Im Gegensatz dazu haben Neufeld und Hüne betont, daß die Ablenkung des hämolytischen Komplements bei Typhusseris auf besonderen in den Seris enthaltenen Stoffen beruhen müsse und nicht durch die bakteriolytischen Ambozeptoren bedingt werde (8).

Die zur weiteren Klärung dieser Frage auf Veranlassung von Herrn Regierungsrat Professor Dr. Neufeld von mir ausgeführten Untersuchungen erbrachten den Beweis, daß die komplementablenkenden Stoffe tatsächlich nicht mit den Ambozeptoren

[1]) Die Ergebnisse dieses I. Teils sind bereits in einem Vortrag auf dem XIV. intern. Kongr. f. Hyg. u. Dem. auszugsweise mitgeteilt worden (Deutsche medizinische Wochenschrift 1907 Nr. 49).

identisch, sondern Stoffe eigener Art sind, welche wir als „Bordetschen Antikörper“ zu bezeichnen vorschlugen (9).

Zu den eingehenderen Untersuchungen über das Wesen und Zustandekommen der Bordet-Gengouschen Reaktion wurden Choleraimmunsera gewählt, weil bei Cholera die bisher näher studierten Immunitätsreaktionen sich als besonders spezifisch erwiesen und verhältnismäßig eindeutige Resultate ergeben hatten, sodann aber auch weil die Choleraimmunität ja geradezu das typische Beispiel der bakteriolytischen Immunität darstellt. Zunächst seien nachstehend zwei Protokolle über die vergleichende Prüfung einiger Choleraimmunsera bezüglich ihres Verhaltens im Pfeifferschen Versuch und bei der Komplementablenkung wiedergegeben; dieselben zeigen deutlich, daß die ablenkende Wirkung eines Serums nicht von seinem Ambozeptorgehalt abhängig ist, sondern daß diese beiden Eigenschaften bei einzelnen Seris weit auseinander gehen können.

Tabelle I.

Prüfung verschiedener Choleraimmunsera im Pfeifferschen Versuch.

Spez. Cholera-Serum	Kaninchen 47	Kaninchen 53	Kaninchen 38	Kaninchen 8	Kaninchen 32	Kaninchen 68
Titer	) 0,001	0,0002	0,0002	0,0002	0,00004	0,000033

Tabelle II. Ablenkende Wirkung derselben Sera.

Menge des spez. und Normal-Serums	Kultur	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden*) mit					
			Ser. Kan. 47	Ser. Kan. 53	Ser. Kan. 38	Ser. Kan. 8	Ser. Kan. 32	Ser. Kan. 68
0,03 spez. Ser.	1/4 Ose Chol. 74 vir. † 1 Std. bei 60°	0,1 Meerschw.-Komplement	0	0	0	0	0	0
0,01 „			+	0	±	0	+	0
0,003 „			++	0	+	±	+++	0
0,001 „			+++	0	+++	+++	+++	0
0,0003 „			+++	±	+++	+++	+++	0
0,03 Norm.-Ser.			+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,01 „			+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,003 „			+++	+++	+++	+++	+++	+++
—			+++	+++	+++	+++	+++	+++
—	—	—	0	0	0	0	0	0

0 = Hemmung, ± = schwache, + mäßige, ++ = starke, +++ = komplette Hämolyse.

*) Als hämolytisches System wurden bei allen Versuchen je 1,0 ccm gewaschener Hammelblutkörperchen (1 : 20) und 0,002 Ambozeptor (Kaninchenantihammelblutserum, Titer 0,0005) benutzt.

Abgesehen davon, daß die Sera im allgemeinen eine große Differenz ihres absoluten Wertes im Pfeifferschen Versuch und bei der Bordetschen Reaktion erkennen lassen, ist aus den Tabellen ohne weiteres ersichtlich, daß Ambozeptorgehalt und ablenkende Wirkung sich nicht entsprechen. Das stark bakterizide Serum von

Kaninchen 32 wirkt verhältnismäßig nur schwach komplementablenkend, während die diesem Serum in Bezug auf Ablenkung überlegenen Sera 53, 8 und 38 und das ihm hier ungefähr gleichstehende Ser. 47 eine wesentlich geringere bakteriolytische Kraft entfalten[1]).

Was die Vorbehandlung der Kaninchen betrifft, so sind sämtliche Kaninchen durch intravenöse Injektionen abgetöteter Mengen derselben Cholerakultur 74 vir. immunisiert worden. Die Kaninchen 8, 68 und 53 waren mehrere Monate lang mit steigenden Dosen bis zu 10 oder 12 Ösen abgetöteter Kultur behandelt, während die Kaninchen 32 und 38 je eine Injektion von $^1/_4$ bezw. $^1/_2$ Öse, Kaninchen 47 2 Injektionen von $^1/_{200}$ und $^1/_{100}$ Öse erhalten hatten. Die erhaltenen Resultate bestätigen, daß die Bakteriolysine bei dieser Art der Versuchsanordnung meist schon früh und nach kleinen Dosen auftreten, das Auftreten der komplementablenkenden Antikörper erfolgt dagegen anscheinend erst später und nach großen Dosen.

Zeigten schon diese Versuche, daß es nicht möglich ist aus dem Verhalten eines Serums bei der Komplementablenkung etwa einen Schluß auf seinen Gehalt an bakteriolytischen Ambozeptoren zu ziehen, so ergab sich durch die weiteren Untersuchungen, daß ferner nicht nur, wie schon früher von Ruffer (10), Schütze (12) und uns (12) berichtet, Choleraimmunsera mit choleraähnlichen Vibrionen, sondern auch Vibrionensera mit Cholerabazillen komplementablenkend wirken können, ohne daß dabei die lytischen Ambozeptoren der Sera eine Rolle spielen. Nachfolgende Protokolle enthalten einige Beispiele von Komplementablenkung durch Choleraimmunsera mit choleraähnlichen Vibrionen und durch Vibrionensera mit echten Cholerabazillen.

Tabelle III. Komplementablenkung des Choleraserums Kaninchen 53 mit Cholera- und choleraähnlichen Vibrionen.

Menge des spez. Cholera- und Normal Serums	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit					
		$^1/_5$ Öse Vibr. 4	$^1/_5$ Öse Vibr. 6	$^1/_5$ Öse Vibr. 10	$^1/_5$ Öse Vibr. 5	$^1/_5$ Öse Vibr. Elwers	$^1/_5$ Öse Chol. 74 vir.
0,03 spez. Chol.-Ser.	0,1 Meerschw. Komplement	fast 0	fast 0	fast 0	fast 0	fast 0	fast 0
0,01 „		„	„	±	+	„	0
0,003 „	„	±	±	+++	+++	±	0
0,001 „	„	+++	+	+++	+++	+	0
0,0003 „	„	+++	+++	+++	+++	+++	+
0,03 Normal Serum	„	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,01 „	„	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,003 „	„	+++	+++	+++	+++	+++	+++
— (Kultur)	„	+++	+++	+++	+++	+++	+++
— —	„	+++	+++	+++	+++	+++	+++

[1]) Bei wiederholten Prüfungen dieser Sera hinsichtlich ihrer ablenkenden Wirkung ergaben sich, wie auch aus den anderen Tabellen ersichtlich, natürlich für die einzelnen Sera nicht immer absolut dieselben Werte, wohl aber blieb das proportionale Verhältnis in der Reihenfolge der Sera bezüglich ihrer Wirkung konstant.

Tabelle IIIa. Komplementablenkung des Cholaserums Kaninchen 53 mit Cholera- und choleraähnlichen Vibrionen.

Menge des spez. Cholera- und Normal-Serums	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Std. mit		
		1/5 Öse Vibr. 6	1/5 Öse Vibr. Elwers	1/5 Öse Chol. 74 vir.
0,03 spez. Cholera-Serum	0,05 Meerschw.-Kompl.	0	0	0
0,01 „	„	0	0	0
0,003 „	„	0	0	0
0,001 „	„	fast 0	±	0
0,0003 „	„	+ + +	+ + +	0
0,03 Normal-Serum	„	+ + +	+ + +	+ + +
0,01 „	„	+ + +	+ + +	+ + +
0,003 „	„	+ + +	+ + +	+ + +
— (Kultur)	„	+ + +	+ + +	+ + +
— —	„	+ + +	+ + +	+ + +

Tabelle IV. Komplementablenkung durch verschiedene Cholerasera mit Cholera- und choleraähnlichen Vibrionen.

Menge des spez. Cholera- und Normal-Serums	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit							
		Kan.-Ser. 32		Kan. Ser. 8		Kan.-Ser. 53		Kan.-Ser. 68	
		1/5 Öse Chol. 74 vir.	1/5 Öse Vibr. Elwers	1/5 Öse Chol. 74 vir.	1/5 Öse Vibr. Elwers	1/5 Öse Chol. 74 vir.	1/5 Öse Vibr. Elwers	1/5 Öse Chol. 74 vir.	1/5 Öse Vibr. Elwers
0,03 spez. Chol.-Ser.	0,075 Meerschw.-Komplement	0	±	0	0	0	0	0	0
0,01 „		0	+ +	0	±	0	0	0	0
0,003 „		+	+ + +	0	+ + +	0	±	0	0
0,001 „		+ + +	+ + +	±	+ + +	0	+	0	fast 0
0,0003 „		+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	±	+ + +	0	+ + +
0,03 Normal-Ser.		+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
0,01 „		+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
0,003 „		+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
— (Kultur)		+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
— —		+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +

Tabelle V. Komplementablenkung durch Vibrio 6- und Vibrio Elwers-Serum mit den entsprechenden und Cholera-Vibrionen.

Menge des spez. und Normal-Serums	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden durch					
		Vibrio 6-Serum mit			Vibrio Elwers-Serum mit		
		1/5 Öse Chol. 74 vir.	1/5 Öse Vibr. 6	1/5 Öse Vibr. Elwers	1/5 Öse Chol. 74 vir.	1/5 Öse Vibr. 6	1/5 Öse Vibr. Elwers
0,03 spez. Ser.	0,05 Meerschw.-Komplement	0	0	0	0	0	0
0,01 „		0	0	0	0	0	0
0,003 „	„	0	0	0	fast 0	0	0
0,001 „	„	±	0	±	+ + +	+ +	0
0,0003 „	„	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	±
0,03 Normal-Ser.	„	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
0,01 „	„	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
0,003 „	„	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
— (Kultur)	„	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +
— —	„	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +	+ + +

Tabelle VI. Komplementablenkung durch Vibrio 6-, Vibrio Elwers- und Cholera-Serum Kaninchen 53.

Menge des spez. und Normal-Serums	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit: Vibrio 6-Serum u. 1/5 Öse Chol. 74 vir.	Vibrio 6-Serum u. 1/5 Öse Vibr. Elwers	Vibrio 6-Serum u. 1/5 Öse Vibr. 6	Vibrio Elwers-Ser. u. 1/5 Öse Chol. 74 vir.	Vibrio Elwers-Ser. u. 1/5 Öse Vibr. Elwers	Vibrio Elwers-Ser. u. 1/5 Öse Vibr. 6	Cholera-Ser. Kan. 53 u. 1/5 Öse Chol. 74 vir.	Cholera-Ser. Kan. 53 u. 1/5 Öse Vibr. Elwers	Cholera-Ser. Kan. 53 u. 1/5 Öse Vibr. 6
0,03 spez. Ser.	0,09 Meerschw.-Komplement	0	0	0	0	0	0	fast 0	0	0
0,01 "		0	0	0	0	0	0	0	fast 0	0
0,003 "		fast 0	0	0	fast 0	0	0	0	fast 0	fast 0
0,001 "		++	++	0	±	0	+	0	+++	+++
0,0003 "		+++	+++	±	+++	fast 0	+++	fast 0	+++	+++
0,03 Norm.-Ser.		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,01 "		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,003 "		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
— (Kultur)		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
— —		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Tabelle VII.

Komplementablenkung durch Vibrio 6-, Vibrio Elwers- und Cholera-Sera von Kaninchen 53 und Kaninchen 32 mit Cholera-Vibrionen.

Menge des spez. und Normal-Serums	Kulturmenge	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit: Chol.-Serum 53	Chol.-Serum 32	Vibr. 6-Serum	Vibr. Elwers-Serum
0,03 spez. Ser.	1/5 Öse Chol. 74 vir.	0,075 Meerschw.-Komplement	0	0	0	0
0,01 "	"		0	±	0	±
0,003 "	"	"	0	++	±	++
0,001 "	"	"	0	+++	+++	+++
0,0003 "	"	"	0	+++	+++	+++
0,03 Norm.-Ser.	"	"	+++	+++	+++	+++
0,01 "	"	"	+++	+++	+++	+++
0,003 "	"	"	+++	+++	+++	+++
—	"	"	+++	+++	+++	+++
—	—	"	+++	+++	+++	+++

Zum Beweise, daß nicht, wie dies von Wassermann und Leuchs (13) vermutet wurde, bei Benutzung von gelösten Bakterienextrakten an Stelle der Vollbakterien qualitativ andere Ergebnisse erhalten werden, seien schließlich folgende 2 Protokolle noch angeführt. Zugleich sei noch bemerkt, daß die vergleichenden Untersuchungen mit Vollbakterien und gelösten Bakterienextrakten in gleicher Weise auch bei Typhus durchaus entsprechende Resultate geliefert haben.

Tabelle VIII. Komplementablenkung durch die Cholera-Sera Kan. 53 und Kan. 47 mit Vollbakterien und Bakterienextrakten.

Menge des spez. und Normal-Serums	Komplement	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden durch			
		Chol.-Ser. Kan. 53 mit		Chol.-Ser. Kan. 47 mit	
		1/4 Öse Chol. 74 vir.	0,01 Extrakt v. Chol. 74 vir.	1/4 Öse Chol. 74 vir.	0,01 Extrakt v. Chol. 74 vir.
0,03 spez. Ser.	0,1 Meerschw.	0	0	0	0
0,01 „	Komplement	0	0	±	+
0,003 „	„	0	0	+++	+++
0,001 „	„	0	0	+++	+++
0,0003 „	„	0	±	+++	+++
0,03 Norm.-Ser.	„	+++	+++	+++	+++
0,01 „	„	+++	+++	+++	+++
0,03 „	„	+++	+++	+++	+++
— (Kultur)	„	+++	+++	+++	+++
— —	„	+++	+++	+++	+++

Tabelle IX. Komplementablenkung durch Choler.-Ser. Kan. 53 und Vibr. Elwers Ser. mit Vollbakterien und Bakterienextrakten.

Menge des spez. und Normal-Serums	Komple-ment	Ergebnis der Hämolyse nach 24 Stunden mit							
		Ser. von Kan. 53				Vibrio Elwers-Serum			
		1/4 Öse Chol. 74 vir.	0,01 Chol. 74 vir. Extrakt	1/4 Öse Vibr. Elwers	0,01 Vibr. Elwers Extrakt	1/4 Öse Chol. 74 vir.	0,01 Chol. 74 vir. Extrakt	1/4 Öse Vibr. Elwers	0,01 Vibr. Elwers Extrakt
0,03 spez. Ser.	0,1 Meer-schw.-Kom-plement	0	0	0	0	0	0	0	0
0,01 „		0	0	0	0	0	0	0	0
0,003 „		0	0	0	0	0	0	0	0
0,001 „		0	0	fast 0	±	±	±	0	0
0,0003 „		0	fast 0	++	++	++	++	0	±
0,03 Norm.-Ser.		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,01 „		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
0,003 „		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
— (Kultur)		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
— —		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

In Tabelle X sind endlich noch die Resultate der Prüfung der zu den Untersuchungen benutzten Vibrionen Sera bezüglich ihres Verhaltens bei den übrigen Immunitätsreaktionen Choleravibrionen gegenüber zusammengestellt.

Die Vibrionen-Sera üben hiernach nur auf die eigenen Stämme bei diesen Immunitätsreaktionen eine Einwirkung aus, während sie Cholera-Vibrionen in den angegebenen Konzentrationen nicht beeinflussen. Dagegen treten in stärkeren Konzentrationen bei der Präzipitation auch heterologe Trübungen auf. Diese, sowie auch die übrigen bis-

Tabelle X.

Prüfung der Vibrio 6- und Vibrio Elwers-Sera auf ihre agglutinierende, bakteriolytische und präzipitierende Wirkung Cholera-Vibrionen gegenüber.

<table>
<tr><th rowspan="2">Sera</th><th colspan="3">Agglutination mit</th><th colspan="3">Bakteriolyse i. Meerschw.-peritoneum mit:</th><th colspan="3">Präzipitation mit Filtraten (nach Kraus): 1 : 50</th></tr>
<tr><th>Chol. 74 vir.</th><th>Vibr. 6</th><th>Vibr. Elwers</th><th>Chol. 74 vir.</th><th>Vibr. 6</th><th>Vibr. Elwers</th><th>Chol. 74 vir.</th><th>Vibr. 6</th><th>Vibr. Elwers</th></tr>
<tr><td>Vibr. 6-Serum</td><td>1 : 100 = 0</td><td rowspan="2">agglutiniert in Kochsalzkontrolle</td><td>—</td><td>> 0,05</td><td rowspan="2">Spontane Granulabildung</td><td>> 0,05</td><td>0</td><td>+</td><td>—</td></tr>
<tr><td>Vibr. Elwers-Serum</td><td>1 : 100 = 0</td><td>1 : 10 000</td><td>> 0,05</td><td>mindestens 0,001</td><td>0</td><td>—</td><td>+</td></tr>
</table>

herigen Befunde berechtigen uns aber u. E. noch nicht, die Bordetschen Antikörper mit den Präzipitinen direkt zu identifizieren. Jedenfalls dürfte jedoch die Komplementablenkung, wie wir dies bereits früher (14, S. 211) ausführten, mit der Präzipitation in engere Beziehungen zu bringen sein als mit der Funktion der spezifischen Ambozeptoren.

Bei Cholera kann der Titer im Pfeifferschen Versuch ohne weiteres als Mindesttiter für die bakteriolytische Wirkung eines Serums gelten, da erfahrungsgemäß bei Anwendung von schützenden Serumdosen die Vibriolyse im Meerschweinchenperitoneum regelmäßig zu beobachten ist. (Im Gegensatz dazu wird ja bei Typhus z. B. eine derartig durchgehende Übereinstimmung nicht in gleicher Weise beobachtet). Wir haben jedoch auch in Reagenzglasversuchen festgestellt, daß Cholera- und Elwers-Vibrionen bei Zusatz von Meerschweinchenkomplement (0,1 in 1,0 Kochsalzlösung) nur durch das homologe Serum in typische Granula verwandelt wurden, niemals dagegen durch heterologe Sera.

Obwohl der Vibrio Elwers sich im Tierversuch bei der Anwendung von 1 Öse für Meerschweinchen nicht virulent erwies, ließ sich doch bei ihm die spezifisch vibriolytische Wirkung seines Immunserums im Tierkörper ebenso verfolgen und spielte sich ganz in der gleichen Weise ab, wie man das Phänomen bei Cholera zu sehen gewohnt ist. In der Bauchhöhle der Kontrolltiere, sowie der zugleich mit Choleraserum gespritzten Tiere vermehrten sich die Vibrionen zunächst und waren auch nach mehreren Stunden noch gut beweglich. Die Vibrionen boten also im Tierkörper ganz dasselbe Bild wie eine hochvirulente, stark bewegliche Cholerakultur. Im Gegensatz dazu war im Peritoneum der mit Vibrio Elwers-Serum behandelten Tiere bereits nach einer Viertelstunde typische Granulabildung sichtbar. Normale Meerschweinchen besitzen also offenbar dem Vibrio Elwers gegenüber nur dieselben Schutzkräfte, wie gegenüber Choleravibrionen. Wenn die Tiere in dem einen Falle (Cholera) der Infektion erliegen, im anderen Falle (Elwers) nicht, so ist wohl als einfachste und nächstliegende Erklärung entsprechend den Anschauungen Pfeiffers anzunehmen, daß der Unterschied darin besteht, daß bei Vibrio Elwers der deletäre Einfluß der giftigen Leibessubstanzen der Choleravibrionen wegfällt oder doch wesentlich geringer ist. Die Annahme, daß die Choleravibrionen etwa besondere „Aggressine" bilden, Vibrio Elwers dagegen nicht, erscheint nicht notwendig.

Zusammenfassend ergibt sich:

1. Ambozeptorgehalt und ablenkende Wirkung eines Serums gehen nicht parallel. Besonders deutlich kommt dies zum Ausdruck bei den Cholera-Seris von Kaninchen 8 und Kaninchen 32. Ein Vergleich des Verhaltens dieser Sera bei beiden Reaktionen (Tabellen I und II) zeigt, daß das an bakteriolytischen Ambo-

zeptoren dem Serum 32 gegenüber fünfmal schwächere Serum 8 das erstere in der ablenkenden Wirkung um das dreifache übertrifft.

2. Vibrionen-Sera, welche überhaupt keine bakteriolytischen Ambozeptoren für Cholera enthalten, können mit Cholera-Vibrionen eine stärkere Komplementablenkung bewirken als besonders hochwertige, bakterizide Cholera-Sera (Tabelle VII).

3. Die komplementablenkenden Stoffe der Immunsera sind mit den bisher bekannten Antikörpern nicht identisch und als Antikörper eigener Art anzusehen.

4. Da die Komplementablenkungsmethode sonach bei solchen Immunseris, deren Gehalt an bakteriziden Ambozeptoren sich quantitativ genau feststellen läßt, keinen exakten ja nicht einmal einen annähernden Maßstab für den Ambozeptorengehalt und damit auch nicht für die Schutzkraft eines Serums bietet, so haben wir keinen Anhaltspunkt für die Annahme, daß bei anderen Immunseris, für welche uns bisher eine Methode zum Nachweis der bakteriolytischen Ambozeptoren fehlt, eine Wertbestimmung des Serums auf Grund seiner komplementablenkenden Wirkung erfolgen kann. Wir möchten daher glauben, daß die Prüfung eines Immunserums auf seinen Ambozeptorgehalt mittels der Komplementablenkung nicht auf sicheren theoretischen Grundlagen beruht.

II. Komplementablenkung durch Antierythrocyten-Sera.

Bei den zahlreichen Arbeiten, welche die eingangs erwähnten Mitteilungen von Bordet und Bordet und Gengou zur Folge hatten, wurden wie auch bei unseren obigen Versuchen immer zunächst entweder ein bakterielles Antigen mit seinem entsprechenden Antiserum oder Präzipitinogen und Präzipitin mit Komplement zusammengebracht, während das hämolytische System nur als Indikator der erfolgten oder ausgebliebenen Komplementbindung diente.

Die Komplementablenkung bei umgekehrter Versuchsanordnung ist unseres Wissens später nur von Muir und Martin (15) gelegentlich ihrer Untersuchungen über die Fixation des Opsonins durch sensibilisierte Blutkörperchen, Bakterien- und Eiweißpräzipitaten herangezogen, aber sonst nicht wieder eingehender untersucht worden. Eine Nachprüfung auch dieser Beobachtung Bordets erschien daher von Interesse, zumal Bordet verhältnismäßig große Serummengen ohne quantitative Abstufungen und nur einmal gewaschene Blutkörperchen benutzt hatte. Es war daher nicht ohne weiteres die Möglichkeit auszuschließen, daß bei seiner Versuchsanordnung die Absorption des Komplements durch eine Präzipitatbildung bewirkt war. Aus dem Laboratorium Bordets selbst ist durch Bordets Schüler Gay (4) auf diese Fehlerquelle hingewiesen worden, daß nämlich selbst zweimal mit reichlich Kochsalzlösung gewaschenen Blutkörperchen noch genügend Serum anhaften kann, um mit einem geeigneten Antiserum ein Präzipitat zu bilden und gleichzeitig Komplementablenkung zu bewirken. Erfahrungsgemäß enthalten stark hämolytische Sera in der Regel reichlich Präzipitin für das entsprechende Serumeiweiß.

Bordet hatte bei seiner Versuchsanordnung Meerschweinchenkomplement und Kaninchenblutkörperchen benutzt, während das hämolytische Serum von einem mit Kaninchenblutkörperchen vorbehandelten Meerschweinchen stammte. Es wurden zunächst 0,3 ccm Kaninchenblutkörperchen mit 0,6 ccm inaktiviertem hämolytischem Meerschweinchenserum und 0,3 ccm Komplement zusammen 1 Stunde bei 37° gehalten und dann 0,1 ccm sensibilisierte Cholera-Vibrionen (von einer Aufschwemmung einer Agarkultur in 10 ccm physiologischer Kochsalzlösung + ungefähr 3,0 Choleraserum) zugefügt.

Bei den nachstehend mitgeteilten Versuchen wurden Hammelblutkörperchen, als bakteriolytische und hämolytische Sera Kaninchen-Sera verwandt. Als Komplement diente Meerschweinchenserum. Bei einem Teil der Versuchsreihen wurden zunächst ebenfalls ohne quantitative Abstufungen nur einmal gewaschene Hammelblutkörperchen benutzt, für die entsprechenden Parallelreihen waren dagegen die Blutkörperchen durch 4 maliges Waschen in 0,85%iger Kochsalzlösung auf das sorgfältigste von dem anhaftenden Serum befreit worden.

Es zeigte sich schon bei diesen Versuchen, daß auch bei Anwendung recht beträchtlicher Komplementmengen das hämolytische System sämtliches Komplement, auch das bakteriolytische gebunden hatte, da den später zugefügten sensibilisierten Cholera-Vibrionen gegenüber wirksames Komplement nicht mehr vorhanden war. Dabei war es vollkommen gleichgültig, ob den benutzten Blutkörperchen noch Serum anhaftete, oder ob sie durch mehrfaches Waschen sorgfältig von ihm befreit waren. Die erhaltenen Resultate der korrespondierenden Reihen waren jeweils wie aus den Protokollen hervorgeht entsprechend.

Tabelle XI. Komplementablenkung mit gewaschenen und ungewaschenen Hammelblutkörperchen u. hämolytischem Kaninchen-Serum (Titer: 0,005).

Hämolytisches System + Komplement eine Stunde bei 37°, dann jedem Röhrchen 0,1 sensibilisierte Choleravibrionen (1 Öse Choleravibr. + 0,1 spez. Choler. Serum + 2 Tropfen Bouillon auf 1,0 ccm Kochsalzlösung) zugesetzt.

Menge des spez. und Norm.-Serums	Komplement (Meerschw.)	1,0 einer 5%igen Hammelblutkörperchenaufschwemmung	Ergebnis der Vibriolyse nach 1 Std. bei 37° (gefärbte Präparate u. hängende Tropfen)
0,05 spez. Ser.	0,2	gewaschen	Vibrionen
0,05 „	0,1	„	„
0,05 „	0,2	ungewaschen	„
0,05 „	0,1	„	„
0,05 Norm.-Ser.	0,2	„	Granula
0,05 „	0,1	„	„
0,05 „	0,2	gewaschen	„
0,05 „	0,1	„	„
—	0,2	0,1 Kochsalzlösung	„
—	0,1	„	„

Das bei dieser Versuchsanordnung erhaltene Ergebnis sprach schon dafür, daß das Komplement tatsächlich durch Stoffe des hämolytischen Serums auf die Blutzellen verankert worden war, und die Komplementausschaltung nicht von der etwaigen Bildung eines Serumpräzipitats abhing. Durch eine größere Zahl weiterer, quantitativ

abgestufter Versuchsreihen, von denen nur zwei ausführlich wiedergegeben sein mögen, wurde dieses Ergebnis bestätigt. Bei Anwendung eines zugleich stark präzipitierenden und hämolytischen Serums erwies sich entsprechend die komplementablenkende Wirkung von der präzipitierenden unabhängig und ging ungefähr der hämolytischen parallel.

Tabelle XII. Komplementablenkung durch ein hämolytisches Kaninchenserum (Titer 0,001).

(Versuchsanordnung wie Tabelle XI.)

Menge des spez. und Normal-Serums	Meerschw. Komplement	1,0 einer 5%igen Aufschwemmung von Hammelblut-körperchen	Ergebnis der Vibriolyse nach 1 Std. bei 37° (im hängenden Tropfen u. gefärbten Präparat)
0,05 spez. Ser.	0,1	1,0 ccm gewaschen	Vibrionen
0,02 „	„	„	„
0,01 „	„	„	„
0,005 „	„	„	Vibrionen spärl. Gran.
0,002 „	„	„	„
0,001 „	„	„	„
0,05 Norm.-Ser.	„	„	Granula
0,01 „	„	„	„
—	„	„	„
—	„	1,0 Kochsalz	„

Tabelle XIII. Komplementablenkung durch ein vorwiegend hämolytisches (Titer 0,001) und ein zugleich stark präzipitierendes und hämolytisches (Titer 0,005) Kaninchenserum.

(Anordnung wie Tabelle XI.)

Menge des spez- und Normal-Serums	Meerschw.-Komplement	1,0 ccm einer 5%igen Aufschwemmung von Hammelblut-körperchen	Ergebnis der Vibriolyse nach 1 Std. bei 37° (im hängenden Tropfen u. gefärbten Präparat).
0,05 spez. Ser.	0,1	1,0 ccm	Vibrionen
0,02 „	„	„	„
0,01 „	„	„	„
0,005 „	„	„	Vibrionen und Granula
0,002 „	„	„	„
0,001 „	„	„	Granula und Vibrionen
0,05 spez. u. zugl. präzipitier. Serum	„	„	Vibrionen
0,02 „	„	„	Vibr. u. spärl. Gran.
0,01 „	„	„	Vibrionen und Granula
0,005 „	„	„	„
0,002 „	„	„	Granula
0,001 „	„	„	„
0,05 Norm.-Ser.	„	„	„
0,01 „	„	„	„
—	„	„	„
—	„	1,0 Kochsalz	„

Selbst durch nachträgliches Zufügen von Serum zu den Blutkörperchen konnte keine deutlich stärkere Komplementablenkung erreicht werden als bei Benutzung der aufs sorgfältigste vom Serum befreiten Blutzellen.

Nach dem Ausfall der Versuche muß als feststehend angesehen werden, daß die Bindung auch des bakteriolytischen Komplements durch hämolytische Sera nicht etwa durch Präzipitatbildung mit dem den Blutkörperchen anhaftenden Serum erfolgt, sondern daß dasselbe durch Vermittelung besonderer in den hämolytischen Seris enthaltener Stoffe auf die Blutkörperchen fixiert wird. Die ablenkende Wirkung eines Serums ging bei diesen Untersuchungen seiner hämolytischen Kraft annähernd parallel. Hieraus ist jedoch nach unserer Ansicht nicht etwa der Schluß zu ziehen, daß die Ablenkung des bakteriolytischen Komplements durch die hämolytischen Ambozeptoren der Sera erfolgt. Es liegt vielmehr nahe anzunehmen, daß analog den von uns als für bakteriolytische Immunsera gültig festgestellten Verhältnissen auch bei den hämolytischen Seris die Komplementablenkung durch besondere, von den lytischen Ambozeptoren verschiedene Antikörper bewirkt wird. Eingehende Untersuchungen hierüber sind nicht unternommen worden, da die Frage der Beziehungen der lytischen Ambozeptoren zu den komplementablenkenden Stoffen unserer Ansicht nach durch die Ergebnisse der Untersuchungen bakterizider Sera (14), bei welchen an der Entscheidung dieser Frage ja außerdem ein erhebliches praktisches Interesse bezüglich der Wertbestimmung der Sera besteht, im Prinzip bereits entschieden ist.

Literatur.

1. Bordet, Les Sérums hémolytiques, leurs Antitoxines et les Théories des Sérums cytoliques. Annales de l'Institut Pasteur Bd. XIV, S. 257, 1900.

2. Bordet et Gengou, Sur l'Existence de Substances sensibilisatrices dans la plupart des Sérums antimicrobiens. Annales de l'Institut Pasteur Bd. XV, S. 289, 1901.

3. Moreschi, Zur Lehre von den Antikomplementen. Berliner Klinische Wochenschr. 1905, S. 1181.

4 Gay, The fixation of alexines by specific serum precipitates. Zentralbl. f Bakteriol. Orig. Bd. 39, S. 603.

5. Moreschi, Weiteres über Antikomplemente. Tagung der freien Vereinigung für Mikrobiologie 1906. Zentralblatt für Bakteriol. Ref. Bd. 38.

6. Wassermann und Bruck, Medizinische Klinik 1905, Nr. 55 und Deutsche medizinische Wochenschrift 1906, Nr. 12.

7. Liefmann, Berliner Klinische Wochenschrift 1906, Nr. 15, S. 448.

8. Neufeld und Hüne, Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte Bd. 25.

9. Haendel, Deutsche medizinische Wochenschr. 1907, Nr. 49.

10. Ruffer, The Brit. medic. Journ. 1907.

11. Schütze, Berliner Klinische Wochenschr. 1, VII, 1907.

12. Neufeld u. Haendel, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 26.

13. Wassermann, Berliner Klinische Wochenschr. 1907 Nr. 1; Leuchs, Berliner Klinische Wochenschr. 1907, Nr. 3 u. 4.

14. Neufeld und Haendel, Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 28, Heft 1.

15. Muir und Martin, The Brit. medic. Journ. Dezember 1906.

Nachtrag.

Gegenüber einer Anmerkung von Leuchs (Zeitschr. f. Hyg. und Infektionskrankh. 1908, Bd. 60, S. 152) bezüglich einer Stelle in einer früheren Arbeit von mir möchte ich bemerken, daß es sich bei meinen und wohl auch bei Moreschis Versuchen besonders um die Frage handelt, ob die Methode der Komplementablenkung geeignet ist, den Gehalt von Typhus- (und Cholera)-Seris an spezifischen Ambozeptoren zu messen. Zur Entscheidung dieser Frage scheinen mir allerdings Versuche mit Seris, deren Titer im Pfeifferschen Versuch sich nur wenig über die Norm erhebt, nicht geeignet. Wenn Wassermann und Leuchs von spezifischen Ambozeptoren in Typhusseris sprachen, so habe ich nach den Ausführungen der Autoren angenommen, daß sie damit die Pfeifferschen Immunkörper meinten. Daß es mittels der Komplementbindung gelingt, auch in Typhus- und Paratyphusseris eine spezifische Reaktion zu erzielen, habe ich natürlich nicht in Zweifel ziehen wollen.

Über Komplementbindung durch hämolytische Ambozeptoren bei 0°.

Von

Stabsarzt **Dr. Haendel,**

kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Bei ihren grundlegenden Untersuchungen „Zur Theorie der Lysinwirkung" haben Ehrlich und Morgenroth (1) beobachtet, daß bei niederer Temperatur von 0° bis 3° zwar eine Verbindung von Blutkörperchen und Ambozeptor eintritt, dagegen die Vereinigung von Ambozeptor und Komplement nicht stattfindet, sondern das letztere in der überstehenden Flüssigkeit unverändert nachweisbar bleibt. Diese Beobachtung ist allerseits anerkannt und der Ausgangspunkt für zahlreiche Immunitätsarbeiten geworden.

Auch bei Untersuchungen über das Wesen und das Zustandekommen der Bordet-Gengouschen Reaktion lag es nahe, Komplementablenkungsversuche bei 0° anzustellen. Solche Versuche sind zuerst von Liefmann (2) mit Antieiweißserum, dann von Neufeld und mir (3) mit Anticholeraserum ausgeführt worden. Wir gingen dabei, ebenso wie Liefmann, von dem Gesichtspunkte aus, daß die Komplementablenkung entsprechend den Untersuchungsergebnissen Ehrlichs und Morgenroths bei 0° ausbleiben mußte, falls sie durch die Ambozeptoren bedingt wurde. Ein positiver Ausfall der Reaktion auch bei dieser Versuchsanordnung mußte dagegen auf der Wirkung anderer, in den Seris enthaltener Stoffe beruhen, und es war zu erwarten, daß auf diese Weise vielleicht nähere Anhaltspunkte über das Zustandekommen des Phänomens gewonnen werden konnten. Die von Neufeld und mir mit Choleraseris und Choleravibrionen angestellten Versuche führten denn auch, wie bereits berichtet, zu dem Ergebnis, daß unter den nach diesen Gesichtspunkten getroffenen Versuchsbedingungen während der gewählten Versuchsdauer durch die Choleraambozeptoren bei 0° kein Komplement, durch den Bordetschen Antikörper dieser Sera dagegen wohl das hämolytische, nicht aber das bakteriolytische Komplement gebunden wurde.

In dem angeführten Nachtrag konnten wir aber bereits mitteilen, daß wir bei den unter denselben Bedingungen und durchaus mit derselben Technik angestellten Versuchen mit hämolytischen Seris das unerwartete Resultat erhielten, daß im Gegensatze zu dem von Ehrlich und Morgenroth erhobenen Befunde auch bei 0° eine Bindung des Komplements an den entsprechenden Ambozeptor und bei reichlichem Ambozeptorüberschuß Hämolyse eintreten kann, selbst wenn die Temperatur in den Röhrchen, wie die ständig durchgeführte Temperaturmessung ergab, nicht über 0° gestiegen war. Durch diese Beobachtungen wird, wie wir bereits betonten, zwar das prinzipiell wichtigste Ergebnis jener Versuche Ehrlichs und Morgenroths, nämlich

die erstmalige Trennung von Ambozeptor und Komplement, nicht weiter berührt, wohl aber beweisen sie, daß dem von diesen Autoren erhaltenen Befund nicht eine so allgemeine, gesetzmäßige Gültigkeit zuerkannt werden darf, wie dies bisher, auch noch in den neuesten Arbeiten der Ehrlichschen Schule und sonst allerseits geschehen ist.

Über die im weiteren Verfolg dieser Versuche erhaltenen Ergebnisse[1]) möchte ich nachstehend berichten.

Zunächst sei ein Versuch mitgeteilt, bei dem unter Anwendung der gewöhnlich benutzten Komplementmenge von 0,1 Meerschweinchenserum auf 1,0 ccm einer 5%igen Hammelblutkörperchenaufschwemmung bei reichlichem Ambozeptorüberschuß schon während des Stehens bei 0° komplette Hämolyse eintrat.

Alle zu diesem wie auch zu allen anderen Versuchen verwendeten Flüssigkeiten und Geräte waren vorher auf 0° abgekühlt, durch ständige Temperaturkontrolle war ferner festgestellt, daß die Temperatur in den Versuchsröhrchen während der Versuchsdauer 0° niemals überstieg. Bei allen Versuchsreihen wurde dasselbe hämolytische System (Kaninchenantihammelblutserum — Hammelblutkörperchen) und dasselbe hämolytische Serum (kleinste lösende Dosis 0,0005) benutzt.

Versuch I.

3 kleine Zentrifugierröhrchen wurden mit je 0,1 spezifischem Kaninchenserum, 3,0 ccm einer 5%igen Hammelblutkörperchenaufschwemmung und 0,3 Meerschweinchen-Komplement beschickt, in einer mit Eisstückchen gefüllten Glasschale gehalten und zeitweilig vorsichtig geschüttelt. Schon nach ½ Stunde war in allen 3 Röhrchen beginnende, nach 1 Stunde komplette Lysis eingetreten.

Hämolytisches Kan.-Serum	Meerschweinchen-Komplement	5%ige Hammelbut-körperchen-aufschwemmung	Ergebnis der Hämolyse nach	
			½ Stunde	1 Stunde
0,1	0,3	3,0	Beginnende Lysis	komplette Lysis
0,1	0,3	3,0	"	"
0,1	0,3	3,0	"	"

Aber auch bei verschiedenen Versuchsreihen mit abgestuften Ambozeptormengen trat schon während des Stehens bei 0° Hämolyse ein. Wir verfügen über eine ganze Anzahl solcher Protokolle, von denen nur nachstehendes angeführt sei.

Versuch II.

Menge des spez. und Normal-Serums	Komplement	Blut-aufschwemmung	Ergebnis der Hämolyse nach	
			1 Stunde	3 Stunden
0,1 spez. Kan.-Serum	0,3	3,0	komplette Lysis	komplette Lysis
0,06 "	"	"	fast komplette Lysis	"
0,01 "	"	"	starke Lysis	"
0,1 Norm.-Kan.-Serum	"	"	0	0
0,06 "	"	"	0	0
—	"	"	0	0

[1]) Derartige Versuchsergebnisse wurden in der Sitzung des Vereins für innere Medizin am 16. 3. 1908 demonstriert. Deutsche medizinische Wochenschr. Nr. 16, 1908.

Bei einer weiteren Reihe von Versuchen sahen wir nun aber andererseits während des Stehens bei 0° keine Hämolyse auftreten. Trotzdem aber hatte auch bei diesen Versuchsreihen in den spezifisches Serum enthaltenden Röhrchen eine Verankerung des Komplements auf die Blutzellen stattgefunden; denn nach dem Abzentrifugieren war das Komplement aus der überstehenden Flüssigkeit größtenteils, häufig fast völlig geschwunden. Die nachstehenden Protokolle enthalten die Ergebnisse zweier derartigen Versuche. In dem ersten wurde die überstehende Flüssigkeit in derselben Weise, wie bei unseren früheren Versuchen sowohl auf etwaigen Gehalt an bakteriolytischem und hämolytischem, in dem zweiten nur bezüglich des hämolytischen Komplements untersucht.

Versuch III.

Bei diesem Versuch wurden die Röhrchen $3^1/_2$ Stunden bei 0° gehalten, dann in Eis gebettet zentrifugiert. Die überstehende Flüssigkeit wurde abgegossen, in zwei gleiche Teile geteilt und zu einer Hälfte 1,0 ccm einer 5%igen Aufschwemmung von sensibilisierten Hammelblutkörperchen (0,3/100), der zweiten 0,1 ccm sensibilisierter Choleravibrionen (1 Öse + 0,1 spez. Cholera-Serum auf 1,0 Kochsalzlösung + 2 Tropfen Bouillon) zugefügt. Nach 1stündigem Verweilen bei 37° wurde das Ergebnis der Hämolyse abgelesen und das der Bakteriolyse durch gefärbte Präparate bestimmt.

Nr.	$3^1/_2$ Stunden bei 0°, dann zentrifugiert. Keine Lösung eingetreten	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit: sensibil. Hammelblut, Hämolyse nach $1^1/_2$ Stdn. bei 37°	Je eine Hälfte des Abgusses versetzt mit: sensibil. Choleravibrionen, Bakteriolyse nach $1^1/_2$ Stunden bei 37°
1	0,1 spez. hämolyt. Kan.-Ser. + 0,2 Meerschw. Kompl + 2,0 Hammelblut	fast komplett	Granula
2	0,04 „ + 0,2 „ + 2,0 „	0	Vibrionen
3	0,01 „ + 0,2 „ + 2,0 „	0	Vibr., spärl. Granula
4	0,004 „ + 0,2 „ + 2,0 „	0	„
5	0,1 Norm. Kan.-Ser. + 0,2 „ + 2,0 „	starke Lysis	Granula, spärl. Vibr.
6	0,04 „ + 0,2 „ + 2,0 „	komplett	„
7	0,01 „ + 0,2 „ + 2,0 „	„	„
8	0,1 spez. Kan.-Ser. + 0,2 „ —	„	„
9	0,01 „ + 0,2 „ —	„	„
10	— + 0,2 „ + 2,0 Hammelblut	fast komplett	„
11	— + 0,2 „ —	komplett	„

Der mit demselben Komplement angestellte Kontrollversuch ergab, daß zur Bakteriolyse mehr Komplement erforderlich war als zur Hämolyse.

Komplement-Kontrollversuch.

Komplementmenge	1,0 der 5%igen Aufschw. von sensibil. Hammelblutkörperchen	0,1 sensibil. Cholera-Vibrionen in 1,0 Kochsalzlösung
0,1	komplette Lösung	Granula
0,05	„	Granula u. Vibrionen
0,01	fast komplette Lösung	Vibrionen u. Granula
0,005	starke Lösung	Vibrionen

Versuch IV.

Die Röhrchen wurden 2 Stunden bei 0° gehalten, zentrifugiert, die überstehende Flüssigkeit in drei Teile von je 1,0, 0,5 und 0,25 ccm geteilt und je 1,0 sensibililisiertes Hammelblut zugesetzt. Das Ergebnis der Hämolyse wurde nach $1^1/_2$ stündigem Verweilen bei 37° abgelesen.

Nr.	2 Stunden bei 0°, dann zentrifugiert. Keine Lösung eingetreten	Ergebnis der Hämolyse. Mengen der überstehenden Flüssigkeit 1,0 ccm	0,5 ccm	0,25 ccm
1	0,1 spez. hämolyt. Kan.-Ser. + 0,3 Meerschw.-Kompl. + 3,0 Hammelblut	Spur	Spürchen	0
2	0,06 „ + 0,3 „ + 3,0 „	mäßig	Spur	Spürchen
3	0,01 „ + 0,3 „ + 3,0 „	„	„	„
4	0,006 „ + 0,3 „ + 3,0 „	stark	mäßig	schwach
5	0,1 Norm. Kan.-Ser. + 0,3 „ + 3,0 „	kompl.	kompl.	kompl.
6	0,06 „ + 0,3 „ + 3,0 „	„	„	„
7	0,1 spez. Kan. Ser. + 0,3 „ —	„	stark	mäßig
8	0,1 Norm. Kan.-Ser. + 0,3 „ —	„	kompl.	kompl.
9	— + 0,3 „ + 3,0 Hammelblut	„	„	„
10	— + 0,3 „ —	„	„	„

Komplement-Kontrollversuch.

Komplementmenge	Ergebnis der Hämolyse mit 1,0 der 5%igen Aufschwemmung von sensibil. Hammelblutkörperchen
0,1	komplett
0,05	„
0,01	„
0,005	stark

Die Tabellen zeigen, daß das hämolytische, bei dem Versuch III auch das bakteriolytische Komplement aus der überstehenden Flüssigkeit der Röhrchen 2—4 (Versuch III) und 1—4 (Versuch IV) größtenteils geschwunden war und sich im Bodensatz befinden mußte. Eine Ausnahme machte nur das Röhrchen 1 des Versuchs III. Diese paradoxe Erscheinung wird als eine durch den Überschuß des Antiserums hervorgerufene Hemmung anzusehen sein, wie sie bereits von Moreschi für die mit der Präzipitation einhergehende Komplementablenkung festgestellt (4) und auch von uns bei der Ablenkung durch antibakterielle Sera schon früher beobachtet und beschrieben (5) worden ist.

Bei Versuch III enthält die überstehende Flüssigkeit verhältnismäßig noch mehr bakteriolytisches wie hämolytisches Komplement, da hier in Röhrchen 3 und 4, welche noch völlige Hemmung der Hämolyse aufweisen, eine wenn auch nur geringe Granulabildung auftrat, obwohl nach dem Komplement-Kontrollversuch zur Bakteriolyse mehr Komplement erforderlich war als zur Hämolyse. Bei Versuch IV ist aus dem Vergleich mit dem Ausfall des Komplementkontrollversuchs ohne weiteres zu erkennen, daß selbst bei dem mit der kleinsten Menge spez. Serums beschickten Röhrchen 4 in der überstehenden Flüssigkeit nur noch der 20ste Teil der ursprünglichen

Komplementmenge vorhanden war; dennoch geht mit der Abnahme des spezifischen Serums in den einzelnen Röhrchen eine Zunahme des Komplements in der überstehenden Flüssigkeit deutlich parallel. Auch in dem mit der größten Menge Normalserums beschickten Röhrchen 5 und dem nur nicht sensibilisiertes Blut enthaltenden Röhrchen 10 des Versuchs III weist die überstehende Flüssigkeit eine allerdings nur ganz unbedeutende Abnahme des ursprünglichen Komplementgehalts auf [1]). Ebenso hat das spezifische Serum allein in Röhrchen 7 (Versuch IV) eine deutliche Komplementablenkung bewirkt [2]).

In welcher Weise ist nun das Komplement in diesen Versuchsreihen an die Blutkörperchen gebunden? Ist es auch hier durch die Ambozeptoren oder ist es durch die in den spezifischen Seris ja ebenfalls enthaltenen Bordetschen Antikörper an die Blutzellen verankert worden? Wie gleich bemerkt sein mag, läßt sich eine eindeutig bestimmte, für alle Fälle gültige Antwort auf Grund unserer Untersuchungsergebnisse auf diese Frage nicht geben. Bei dem Versuch nämlich, entsprechend unserem Vorgehen bei den Untersuchungen mit Choleravibrionen und Cholera-Seris, auch hier direkt festzustellen, ob die abzentrifugierten Blutkörperchen das hämolytische Komplement durch Vermittelung des Ambozeptors gebunden hatten, ergaben sich einige Schwierigkeiten. Es zeigte sich, daß in den mit spezifischem Serum, Blut und Komplement beschickten Röhrchen nach dem Zentrifugieren das Komplement nicht nur aus der überstehenden Flüssigkeit geschwunden war, sondern sich auch in dem abzentrifugierten Bodensatz nicht mehr, wenigstens nicht in einer nur einigermaßen entsprechenden Menge, nachweisen ließ. Auch nach mehrstündigem Stehen bei 37° kam es nicht zu einer Lösung der von diesen Röhrchen stammenden Bodensätze. Diese Bodensätze lösten sich aber auch selbst dann nicht, wenn ihnen nochmals frisches Komplement oder auch Ambozeptor und Komplement zugefügt wurde. Es ist dabei zu bemerken, daß in den Röhrchen welche bei Beginn des Versuchs mit größeren Ambozeptormengen beschickt waren, die Blutkörperchen gleichzeitig stark mit Agglutinin beladen wurden und sich infolgedessen trotz öfteren Schüttelns während des Stehens bei 0° zusammenballten und durch das Zentrifugieren dann förmlich zu einer festen Scheibe verklumpten, wodurch die Komplementeinwirkung bezw. die Hämolyse direkt mechanisch behindert wurde. Daß eine mechanische Behinderung der Komplementeinwirkung für das Ausbleiben der Hämolyse bei den Bodensätzen in Betracht kam, ging schon daraus hervor, daß auch in den mit größeren Mengen von spezifischem Serum, Blut und Komplement beschickten Röhrchen, welche nach dem mehrstündigen Stehen bei 0° nicht zentrifugiert, sondern dann einfach bei 37° gehalten wurden, nur eine äußerst schwache Hämolyse eintrat, wenn die agglutinierten Blutzellen nicht aufgeschüttelt wurden. Nach kräftigem Schütteln kam es dagegen in diesen Röhrchen

---

[1]) Eine geringe Bindung des Komplements durch Blutkörperchen allein ist auch sonst bei anderen Komplementablenkungsversuchen gelegentlich von uns beobachtet worden.

[2]) Die Erscheinung, daß Immunsera an und für sich Komplement (und zwar deutlich in stärkerer Weise als die normalen Sera) ablenken, haben wir bei verschiedenartigen Immunseris verhältnismäßig häufig gesehen.

immer rasch zu kompletter Hämolyse. Für eine mechanische Behinderung der Komplementwirkung in diesen Fällen sprechen aber noch andere Beobachtungen, welche wir weiterhin zu machen Gelegenheit hatten. Um nämlich das allzu starke Verklumpen der sensibilisierten Blutkörperchen durch das Zentrifugieren zu vermeiden, haben wir nach Ablauf der für das Stehen bei 0° vorgesehenen Zeit die Röhrchen — es kamen nur die mit spezifischem Serum in Betracht — einfach abgegossen. Da die agglutinierten Blutzellen sich als Kuppe unten in den Röhrchen abgesetzt hatten, ließ sich das Abgießen verhältnismäßig leicht durchführen, und es gelang, die Reste der überstehenden Flüssigkeit durch Absaugen mit Fließpapier zu entfernen. Die Bodensätze wurden dann in 0,85%iger Kochsalzlösung aufgeschwemmt, und noch solange bei 0° gehalten, bis sich die Blutkörperchen wieder abgesetzt hatten. Hierauf wurde nochmals abgegossen, die Bodensätze erneut in einer dem früheren Flüssigkeits-Volumen entsprechenden Menge Kochsalzlösung aufgeschwemmt und dann bei 37° gehalten. Die auf diese Weise gewonnenen Bodensätze, welche mit großen Ambozeptormengen beladen waren, lösten sich nun bei 37° ziemlich in gleicher Zeit komplett wie die Blutkörperchen in den Röhrchen desselben Versuchs, welche ohne weiteres, ohne daß die überstehende Flüssigkeit abgegossen wurde, von der Eisschale in den Brutschrank gebracht worden waren. Voraussetzung war aber ebenfalls, daß alle Röhrchen während des Verweilens bei 37° kräftig geschüttelt wurden. Es war also hier schon die Agglutination der Blutkörperchen ein mechanisches Hindernis, das genügte, um die Komplementeinwirkung ganz erheblich zu behindern. Die abgegossene, überstehende Flüssigkeit von Röhrchen mit reichlicherem Ambozeptorgehalt enthielt auch bei diesen Versuchsreihen meist nur eben noch nachweisbare Spuren von Komplement. Die Ergebnisse einer derartigen Versuchsreihe sind in nachstehendem Protokoll (siehe Versuch 5 Seite 529) mitgeteilt.

Besonders zu erwähnen ist, daß bei diesem Versuch auch das bakteriolytische Komplement aus der überstehenden Flüssigkeit vollkommen geschwunden war. Bei Röhrchen 2, welches nicht geschüttelt wurde, hatte die Agglutination die Komplementeinwirkung fast völlig behindert. Aus dem Vergleich mit dem Komplement-Kontrollversuch geht hervor, daß bei Röhrchen 4 sich so gut wie alles Komplement im Bodensatz befunden hat.

Die Untersuchung der Bodensätze führte aber auch bei dieser Versuchstechnik mit Vermeidung des Zentrifugierens nicht immer zu so eindeutigen Resultaten wie in dem vorstehenden Falle. Verschiedentlich war das Komplement aus der überstehenden Flüssigkeit geschwunden, in dem Bodensatz jedoch ebenfalls nicht, oder wenigstens nicht in einigermaßen entsprechender Menge nachweisbar. Zum Teil wird ja auch hier die mechanische Behinderung durch die starke Agglutinationen der Blutkörperchen für das Fehlen einer sichtbaren Komplementeinwirkung auf den Bodensatz in Betracht kommen. Ferner ist anzunehmen, daß ein Teil des hämolytischen Komplements durch den Bordetschen Antikörper auf die Blutzellen verankert wurde und so ebenfalls nicht wirksam werden konnte. Daß der Bordetsche Antikörper bei 0° das hämolytische Komplement zu binden vermag, geht schon aus unseren früher mitgeteilten Untersuchungen hervor, ebenso wie auch unserer Ansicht nach das Schwinden des

Versuch V.

Die Röhrchen waren 1½ Stunden bei 0° gehalten, dann wurde die überstehende Flüssigkeit einfach abgegossen, noch an der Wand der Gläschen anhaftende Reste derselben mit Fließpapier abgesogen. Die Bodensätze wurden in Kochsalzlösung aufgeschwemmt und sie wie die Röhrchen mit der abgegossenen überstehenden Flüssigkeit getrennt noch so lange bei 0° gehalten, bis sich die Blutkörperchen wieder abgesetzt hatten. Die Kochsalzlösung wurde von den Bodensätzen abgegossen, wieder mit frischer Kochsalzlösung bis zum ursprünglichen Volumen aufgefüllt (bei einem Röhrchen wurde die überstehende Flüssigkeit wieder zum Bodensatz zugegossen) und dann die Röhrchen in den Brutschrank von 37° gebracht und geschüttelt. Die überstehende Flüssigkeit wurde in zwei gleiche Teile geteilt und je einer Hälfte 0,5 sensibilisierte Hammelbutkörperchen bezw. 0,05 sens. Choleravibrionen zugesetzt. Zwei Röhrchen wurden ohne die Flüssigkeit abzugießen direkt in den Brutschrank gebracht, aber nur das eine von ihnen geschüttelt. Nach 1½ Stunden wurde das Ergebnis der Hämolyse und Vibriolyse bestimmt.

Nr.	Serum	Komplement	Blut			Hämolyse nach 1½ Std.	Einwirkung der überstehenden Schicht n. 1½ Std.	
							Hämolyse	Vibriolys.
1	0,1 spez. Kan.-Ser.	0,1 Meerschweinchen-Komplement	3,0 Hammelblutkörperchenaufschwemmung	1½ Stunde bei 0°	ohne Abgießen b. 37° gehalten und geschüttelt	komplett	—	—
2	0,1 „	„	„		ebenso, aber nicht geschüttelt	fast 0	—	—
3	0,1 „	„	„		abgegossen, aber wieder zusammen bei 37° gehalten geschüttelt	komplett	—	—
4	0,1 „	„	„		abgegossen, Bodensatz mit Kochsalzlösung aufgeschwemmt geschüttelt	„	fast 0	Vibrion.

Komplement-Kontrollversuch.

Komplementmenge	Hämolyse
0,1	komplett
0,05	„
0,03	„
0,01	stark
0,008	mäßig

bakteriolytischen Komplements bei den vorliegenden Versuchen durch ihn veranlaßt wird.

Nach dem Ausfall der Untersuchungen, die von Hecker (6) im Anschluß an die aus dem Laboratorium Morgenroths hervorgegangene Mitteilung Ferratas (7) und an die Arbeit Brands (8) ausgeführt wurden, wäre schließlich auch an eine bei 0° eintretende isolierte Bindung eines einzelnen Teilstücks des Komplements, „des Komplementmittelstücks" an die Blutkörperchen zu denken, da auch auf diese Weise das scheinbare Fehlen des Komplements in der überstehenden Flüssigkeit und im

Bodensatz seine Erklärung fände. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen sprechen allerdings unserer Ansicht nach nicht für eine derartige Annahme. Einmal spricht dagegen, daß wir bei genügendem Ambozeptorgehalt das Komplement im Bodensatz oft in wirksamer Form vorgefunden haben, es muß also vollständig erhalten und an die Blutkörperchen gebunden gewesen sein. Ferner widerspricht der Ausfall jener Versuche, bei denen bei 0° bereits Hämolyse auftrat, direkt der Auffassung, daß bei 0° etwa gesetzmäßig eine Trennung des Komplements in zwei Komponenten und isolierte Bindung des „Mittelstücks" an die Blutkörperchen erfolgen würde. Nach den Angaben von Brand und Hecker wirkt endlich das Endstück auf stark präpariertes Blut sehr oft schon an und für sich mehr oder weniger stark hämolytisch, es müßte daher, falls bei unseren Versuchsergebnissen eine Trennung des Komplements in zwei Komponenten eine Rolle spielte, die überstehende Flüssigkeit, welche „das Endstück" enthalten würde, eher Hämolyse bewirken, während beim Bodensatz, in welchem sich das an sich unwirksame „Mittelstück" befände, keine Hämolyse eintreten dürfte. Das trifft aber nicht zu, es ist vielmehr das Umgekehrte der Fall.

Direkte Untersuchungen über die Bindung der isolierten Teilstücke des Komplements bei 0° entsprechend den von Hecker mitgeteilten Versuchen haben wir nicht vornehmen können, da es uns bisher auch nach der von Brand angegebenen Technik nicht gelungen ist, einen Zerfall des Komplements in seine Teilstücke in so deutlicher Weise zu erreichen, daß ein sicheres Arbeiten mit isoliertem End- und Mittelstück bei Benutzung unseres hämolytischen Systems (Antihammelblut-Kaninchenserum-Hammelblutkörperchen) möglich gewesen wäre. Das Endstück wirkte immer fast gleich stark hämolytisch wie das Gesamtdialysat. Ferrata und Brand geben selbst an, daß der Zerfall des hämolytischen Komplements bei der Dialyse des Meerschweinchenserums nicht regelmäßig eintritt. Auch haben diese Autoren ebenso wie Hecker mit einem anderen hämolytischen System gearbeitet.

Wie erklärt sich nun der Widerspruch zwischen unseren Versuchsergebnissen und denen von Ehrlich und Morgenroth über das Verhalten der hämolytischen Komplemente und der hämolytischen Ambozeptoren bei 0°? Ein wesentlicher Unterschied der Versuchsanordnung besteht einmal darin, daß jene Autoren als hämolytisches System Blutkörperchen und Antiserum von zwei einander nahestehenden Tieren (Hammel-Ziege) benutzt haben. Über die Vorbehandlung dieser Ziege berichten die Autoren, daß dieselbe 8 Monate in etwas unregelmäßiger Weise mit subkutanen Injektionen eines stark blutkörperchenhaltigen Hammelserums behandelt worden war.

Das Serum besaß ferner nur einen geringen Ambozeptorgehalt (kleinste lösende Menge für 1,0 Blut = 0,02), während wir ein ziemlich starkes Serum (kleinste komplett lösende Dosis 0,0005) benutzten.

Wenn wir von unserem Serum den Röhrchen absteigende Mengen zusetzten, so wurde, wie aus der Versuchstabelle IV hervorgeht, die Komplementbindung schwächer, allerdings war auch noch bei der kleinsten angewandten Menge von 0,006 (auf 3,0 Blutaufschwemmung und 0,3 Komplement) der größte Teil des Komplements aus dem Abguß geschwunden. Diese Ambozeptormenge entsprach aber immer noch dem 4fachen der kleinsten komplett lösenden Dosis unseres Serums, während Ehrlich und Morgenroth bei ihren Versuchen bei 0° die Serummenge benutzt hatten, welche gerade zur kompletten Hämolyse bei 37° ausreichte. Vielleicht genügen diese quantitativen Unterschiede schon, um die Differenz der Versuchsergebnisse zu erklären.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit hat jedoch Müller (9) darauf hingewiesen, daß die Wirkung konzentrierter Lösungen eines schwach agglutinierenden Serums keineswegs ohne weiteres der von entsprechend stärkeren Verdünnungen eines hochwertigen Serums gleichgesetzt werden kann, da es nicht nur auf den quantitativen Antikörpergehalt eines Serums ankommt, sondern auch die Avidität der Antikörper zum Antigen, die bei hochwertigen Seris erheblich stärker sein kann, eine wichtige Rolle spielt. Es erscheint nun nicht unmöglich, daß ähnlich auch bei einem künstlich hochgetriebenen, hämolytischen Serum die Ambozeptoren nicht nur zu den Blutzellen, sondern auch zum Komplement eine größere Avidität besitzen können wie die Immunkörper eines schwachen Serums.

Die Differenz unserer Versuchsergebnisse mit denen Ehrlichs und Morgenroths erklärt sich hiernach vor allem durch die quantitativen Verhältnisse, vielleicht auch durch eine verschiedene Avidität der Ambozeptoren, bezw. der von ihnen sensibilisierten Zellen zum Komplement. Möglicherweise spielt auch die Verschiedenheit der benutzten, hämolytischen Systeme eine Rolle.

Auffällig erscheint es, daß bei diesen soviel zitierten Versuchen Nachprüfungen mit anderen und vor allem mit stärkeren hämolytischen Systemen nicht bereits früher zu einem unseren Versuchsergebnissen entsprechenden Resultate geführt haben.

Schlußfolgerungen.

1. Die bisher als allgemein gültig angesehene Annahme, daß bei 0° eine Bindung des hämolytischen Komplements an mit Ambozeptor beladene Blutkörperchen gesetzmäßig ausbleibt, entspricht nicht den tatsächlichen Verhältnissen.

Auch bei 0° kann bei Anwendung ausreichender Komplement- und Ambozeptormengen eine Verankerung des Komplements auf die Blutkörperchen und selbst Hämolyse eintreten.

2. Durch die starke Agglutination der mit spezifischem Serum beladenen Blutkörperchen wird die Komplementeinwirkung mechanisch ganz erheblich behindert.

Literatur.

1. Ehrlich und Morgenroth, Berl. Klinische Wochenschr. 1899.
2. Liefmann, Berl. Klinische Wochenschr. 1906, S. 448.
3. Neufeld u. Haendel, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 28, Heft 1.
4. Moreschi, Berl. Klinische Wochenschr. 1906, S. 100.
5. Neufeld u. Haendel, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 26, Heft 3, S. 536.
6. Hecker, Arb. a. d. Königl. Institut f. exper. Therapie zu Frankfurt a. M. 1907, 3. Heft.
7. Ferrata, Berl. Klin. Wochenschr. 1907, Nr. 13.
8. Brand, Berl. Klin. Wochenschr. 1907, Nr. 34.
9. Müller, Archiv für Hygiene 1907.

Bericht über die Ergebnisse der 4. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Basel-Mainz (vom 14. bis 25. März 1907[1]).

Von

Professor **Dr. R. Lauterborn.**

Während der mittlere Pegelstand des Oberrheins im März noch ein recht niederer zu sein pflegt, wie aus der meinem letzten Berichte beigegebenen Tabelle hervorgeht, brachte der März 1907 ein Hochwasser, welches den Verlauf und die Ergebnisse der 4. biologischen Rheinuntersuchung vielfach in ungünstigster Weise beeinflußte. Dies gilt ganz besonders von der Strecke Kehl-Mannheim-Mainz. Hier schwoll der Strom so rasch und so gewaltig an, — bei Maxau beispielsweise vom 19. auf 20. März um einen Meter! —, daß von einer genaueren Untersuchung des Ufers und des Grundes, von einem Verfolgen der Abwasserfauna und -flora fast völlig Abstand genommen werden mußte.

Folgende, den Zeitungen entnommene Pegelstände des Oberrheins während der Dauer meiner Untersuchungsfahrt dürften die ungünstigen Wasserverhältnisse am besten illustrieren:

Pegelstände des Oberrheins (in cm) vom 13.—25. März 1907.

	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
Hüningen . . .	219	202	192	183	175	219	230	345	289	267	248	235	223
Kehl	294	267	254	237	225	219	239	333	365	337	312	295	281
Lauterburg . . .	—	458	436	—	—	400	415	489	561	544	—	—	463
Maxau . . .	511	464	438	422	408	399	407	475	550	548	520	490	469
Germersheim . .	—	453	431	—	—	355	375	443	522	544	—	—	457
Mannheim . . .	506	487	440	410	389	387	416	507	582	598	575	531	489
Mainz	—	220	195	176	158	156	179	233	302	315	376	320	135

I. Rheinstrecke Hüningen-Kehl.

1. Hüningen-Neuenburg (14. März 1907).

A. Hüningen.

Pegel: 202 cm; Temperatur des Wassers 3,4° C., der Luft 4,1° C.

Der von Klein-Basel ausgehende Schmutzstreifen entlang des rechten Rheinufers zeigte unter der Hüninger Schiffbrücke eine Breite von 35 Schritten. Das Wasser

[1]) Bezüglich der früheren Berichte vergl. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. **22** (1905) S. 630, Bd. **25** (1907) S. 99 und 140, Bd. **28** (1908) S. 1, 29, 62, 92.

war hier ziemlich stark dunkel getrübt: in 3 m Entfernung vom Ufer verschwand die weiße Scheibe in einer Tiefe von 1,10 m den Blicken. Die Mitte des Stromes erschien viel weniger getrübt, wieder etwas mehr das linke Ufer. Eine Messung der Sichttiefe war bei der rapiden Strömung (ca. 4 m in der Sekunde) undurchführbar.

Das Plankton erwies sich, was die eigentlich pelagischen Tiere und Pflanzen anbelangt, als äußerst ärmlich sowohl an Arten als an Individuen; es stand nach dieser Richtung hin hinter sämtlichen hier bisher gemachten Fängen zurück, wie folgende Liste zeigt.

Plankton des Rheins bei Hüningen.

Cyanophyceen:	Oscillatoria rubescens nicht selten.
Diatomeen:	Asterionella gracillima ziemlich einzeln,
	Fragilaria crotonensis ziemlich einzeln,
	Stephanodiscus astraea nicht sehr selten,
	Synedra delicatissima einzeln,
	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr einzeln.
Protozoen:	Acineta spec. auf Fragilaria einzeln.
Rotatorien:	Synchaeta tremula einzeln,
	Notholca longispina sehr einzeln.
Crustaceen:	Cyclops spec. iuv. sowie Nauplien einzeln.

Das hier aufgezählte Plankton war über das ganze Querprofil des Stromes recht gleichmäßig verbreitet. Dasselbe gilt auch von dem „Pseudoplankton“, den vom Ufer und vom Grunde losgerissenen und zu Tal geschwemmten Organismen. Unter ihnen fielen besonders die Zweige der Alge Chantransia durch ihre relative Häufigkeit auf; neben ihr waren Batrachospermum moniliforme sowie Stigeoclonium, weiter eine Gomphonema mit dicken gallertartigen Stielen, sowie Meridion circulare nicht selten. Von Interesse waren auch die vielen treibenden Gallertschläuche von Hydrurus foetidus mit lebenden Monaden. Von Tieren kamen nur einige Vorticellen sowie Chironomus-Larven zu Gesicht.

Im Gegensatz zum Plankton und Pseudoplankton zeigten die Abwasserreste eine starke Anreicherung am rechten Ufer, wie ja schon der Augenschein lehrte. Hier waren Pflanzenreste aller Art, Papier, Farbstofflitter, blaue und rote Textilfasern, Zellulosefasern, Fettklümpchen und -tropfen, Stärkezellen, große dunkle gelappte Bakterien-Zoogloen, Zoogloea ramigera, Sphaerotilus, Pilz-Mycelien, gelbe Muskelfasern reichlich vertreten. Alle diese Abwasserreste fanden sich auch in der Mitte sowie am linken Ufer, aber in bedeutend geringeren Quantitäten.

Abweichend von den früheren Befunden trieben dieses Mal auch ziemlich viele Fäkalbrocken längs des rechten Ufers hin, die noch in kilometerweiter Entfernung stromab beobachtet wurden.

Der Einfluß der Abwässer von Klein-Basel war auch deutlich an den Jochen der Schiffbrücke zu ersehen. Hier waren an dem Joche zunächst dem rechten Ufer sowohl die Holzplanken als auch die Wassermoose und teilweise die Cladophora-Büsche mit kurzen aber dichten Rasen von Wasserpilzen, besonders Sphaero-

tilus natans, dicht überzogen, in deren Gewirre sich, wie gewöhnlich, reichliche Schlickmassen niedergeschlagen hatten. Auch ein Ei von Ascaris lumbricoides war hier eingeschwemmt worden. Von Abwasser-Infusorien waren hier besonders Chilodon cucullulus häufig; daneben Rotifer vulgaris und Chironomus-Larven. Die Diatomeen waren durch Diatoma vulgare, Cymbella lanceolata, Ceratoneis arcus, Fragilaria virescens, Synedra ulna sowie zahlreiche kleine Naviculeen vertreten.

Auf der Fahrt stromab wurden noch folgende Befunde notiert:

Rhein-Kilometer 2—2,5 (badisch): Ganz ähnlich wie bei der Schiffbrücke Hüningen.

Rhein-Kilometer 5: Kaum ein Unterschied gegen oben. Neben zahlreichen Papierfetzen trieben hier noch nußgroße Fäkalbrocken!

Rhein-Kilometer 10: Keine größeren Fäkalbrocken mehr, dagegen noch Papierreste, gelbe Muskelfasern usw. Die rechte Stromseite ist hier noch deutlich stärker getrübt als die Mitte und das linke Ufer, dessen Wasser eine mehr grünliche Färbung aufweist.

Rhein-Kilometer 13: Hier tritt, durch die Kiesbänke begünstigt, die völlige Vermischung des dunkleren schmutzigen mit dem reineren grünen Wasser ein, was auch dadurch ins Auge fällt, daß die Papierreste usw. nunmehr in der ganzen Breite des Stromes zu Tal treiben.

Rhein-Kilometer 20: Die mikroskopische Untersuchung des Planktons ergibt immer noch die Anwesenheit zahlreicher Abwasserreste wie gelbe Muskelfasern, große Bakterien-Zoogloen, Stärkezellen der Kartoffel, Zellulosefasern usw.

Rhein-Kilometer 28,5: Die bereits früher von mir festgestellte Sedimentierung von Pseudoplankton und Abwasserresten im Hinterwasser der Kiesbänke konnte auch dieses Mal wieder beobachtet werden. Bei Kilometer 28,5 war das stillere Wasser unterhalb der großen Kiesbank am Grunde erfüllt mit einer recht ansehnlichen bräunlichen Schlammschicht, die beim Absieben ganz gewaltige Mengen von Pflanzenresten aller Art — Blätter, zerfallene Algen wie Cladophora glomerata, Batrachospermum moniliforme, Chantransia usw. — sowie Bestandteile der Baseler Abwässer in Gestalt von Zeitungspapier, großen Bakterien-Zoogloen erkennen ließ. Die gröbere Fauna war an dieser Stätte einer lebhaften Zellulosegärung nur sehr schwach vertreten; es fanden sich nur einige Chironomus-Larven. —

Aus all diesen Befunden ergibt sich also auf dieser Strecke wiederum ein ungewöhnlich langes Schweben zahlreicher Abwasserreste im offenen Wasser des Stromes: größere Fäkalbrocken bis über 7 km, Papierreste, Bakterien-Zoogloen und ähnliches gar bis über 30 km unterhalb der Verunreinigungsstelle. Der Grund hierfür liegt einzig und allein in der starken Strömung, welche eine ausgiebigere Sedimentierung im Talweg des Rheines ausschließt, so daß als Stätten einer biologischen Aufarbeitung der organischen Abwasserreste hier neben den Altwassern das Hinterwasser der Kiesbänke in erster Linie in Betracht kommt.

2. Strecke Neuenburg-Altbreisach (15. März 1907).

Pegel bei Neuenburg 150 cm (am 14. März 155 cm). Temperatur des Wassers + 8° C., der Luft + 3° C.

Auf dieser Strecke war von Abwasserresten im freien Wasser des Stromes kaum noch etwas anderes als die äußerst resistenten Zellulosefasern nachzuweisen.

Die Sohle des Rheines ist hier bedeckt mit sehr grobem, glattgerolltem, faust- bis kopfgroßem Geschiebe, das wegen seiner steten Bewegung im Talweg eine Ansiedelung von Pflanzen und Tieren sehr erschwert. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse an den mehr geschützten Abhängen der Kiesbänke. Hier zeigten sich an den Steinen da und dort der Ansatz von Wassermoosen (Cinclidotus) sowie schmächtiger Räschen von Cladophora glomerata, Batrachospermum moniliforme und Chantransia; dazu kamen noch winzige Gomphonemen in Gestalt brauner schlüpfriger Krusten. Von Tieren hielten sich hier neben einigen Gammarus pulex nur Insektenlarven wie Chironomus, Perla sowie Oligoneuria rhenana.

Von Altwassern wurde der auf badischem Gebiete gelegene Altrhein von Gretzhausen untersucht. Derselbe wird im Hochsommer durchströmt, führt aber gegenwärtig nur stagnierendes, sehr klares blaugrünes Wasser. Eigentliche submerse oder schwimmende Wasserpflanzen fehlen — von einigen Fontinalis-Büschen abgesehen — hier so gut wie völlig. Den Boden deckt ein grobes Geschiebe, umhüllt von gelbbraunen sedimentiertem Schlick und schleierartig übersponnen von grünen Spirogyra-Watten. Unter dem lockeren Schlick zeigten sich auf der glatten Oberfläche der Kiesel die braunen Krusten von Lithoderma fontanum und die rötlichen Häute von Hildenbrandia rosea gar nicht selten.

3. Strecke Altbreisach-Kehl (16. März 1907).

Pegel bei Altbreisach: 222 cm (am 15. März 232 cm), Temp. des Wassers + 3,8° C., der Luft + 4° C.

Das Hinterwasser einer Kiesbank in der Nähe der Mündung des Altrheins bei Sponeck zeigte Verhältnisse, welche denjenigen von Rhein-Kilometer 28,5 sehr gleichen: auch hier starke Ablagerungen von bräunlichem Schlick, untermischt mit vegetabilischem Detritus aller Art. Abwasserreste fehlten, wie zu erwarten, hier völlig. Von Tieren dauerten hier nur die roten Larven von Chironomus aus.

Altrhein bei Sponeck. Während im Sommer und Herbst das durchsichtige Wasser dieses Altrheins erfüllt ist von einer reichen phanerogamen Pflanzenwelt, erscheint jetzt der Spiegel noch völlig frei von Vegetation. Gegen die Mündung des „Blauwassers“ hin — eines Grabens, der die Abwässer von Altbreisach aufnimmt und in vielfach gewundenem Laufe dem Altrhein zuführt, — nimmt das blaugrüne Wasser eine mehr graue Farbe an. Der Boden ist hier mit gelblichem Schlick bedeckt und stellenweise mit dunklen Rasen von Oscillatoria limosa überzogen. Zwischen diesen lebte eine recht arten- und individuenreiche mikroskopische Pflanzen- und Tierwelt. Von Schwefelbakterien Beggiatoa alba; von Diatomeen Pinnularia viridis, P. oblonga, Navicula cuspidata, Synedra capitata, Pleurosigma attenuatum, Cymatopleura solea, C. elliptica, Nitzschia sigmoidea, Amphora ovalis, Melosira varians usw. Von Algen Closterium acerosum und eine sterile Spirogyra. Von Protozoën waren die Flagellaten durch Euglena viridis, Synura uvella, die Infusorien durch Chilodon cucullulus sowie

Aspidisca costata vertreten. Dazu kamen schließlich noch die Rädertiere Rotifer vulgaris und Notholca labis; von Tardigraden Macrobiotus macronyx.

Diese recht charakteristische Zusammensetzung der Flora und Fauna genügt für sich allein schon, um die Anwesenheit nicht ganz unbeträchtlicher Mengen gelöster organischer Substanz im Wasser zu dokumentieren. Daß diese höchst wahrscheinlich noch von den Breisacher Abwässern stammte, beweisen einige völlig ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel, die hier noch nachgewiesen werden konnten. Ein solcher Einfluß ist um die jetzige Jahreszeit noch sehr wohl möglich, da die Pflanzenwelt des Grabens, die im Sommer die Abwässer filtriert und absorbiert, im Winter jedenfalls beträchtlich reduziert wurde.

II. Die Ill unterhalb Straßburg (18. März 1907).

Die Untersuchung der Ill ergab dieses Mal folgende Resultate:

I. Ill am Nadelwehr beim Rupprechtsauer Tor (oberhalb der Straßburger Abwässer).

Pegel: 178 cm. Temperatur des Wassers + 7° C. Sichttiefe 85 cm. Geschwindigkeit ca. 1,20 m pro Sekunde.

Der Inhalt des Planktonnetzes bestand hauptsächlich aus vegetabilischem Detritus, besonders waren modernde Blattreste usw. häufig. Typische Abwässerreste wie beispielsweise gelbe Muskelfasern, Bakterien-Zoogloeen usw. konnten in Übereinstimmung mit den früheren Befunden an dieser Stelle nicht nachgewiesen werden; nur Zellulosefasern waren zahlreicher vertreten. Auffallend war der völlige Mangel an Rheinplanktonformen wie z. B. Oscillatoria rubescens, Tabellaria fenestrata var. asterionelloides, die bei allen früheren Untersuchungen hier vorgekommen waren. Ihr Fehlen bewies, daß um die Zeit der Untersuchung jedenfalls kein Rheinwasser durch den Kanal von Gerstheim von oben her der Ill zugeführt wurde. Was von lebenden Organismen im freien Wasser zu Tal trieb, waren alles Bodenformen wie z. B. Meridion circulare, Ulothrix zonata und von Pilzen Cladothrix dichotoma.

II. 150 m unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer (50 m oberhalb des Schiltigheimer Dolens).

Der Fluß bietet hier durch zahlreiche treibende Fäkalbrocken und Papierreste das Bild einer hochgradigen Verschmutzung dar. Das Wasser ist durch die zahlreichen Abwasserreste, besonders längs des linken Ufers stark getrübt; Sichttiefe hier 55 cm. Das Gras am linken Ufer dicht mit niederen Sphaerotilus-Räschen überkleidet; am Boden von der gröberen Fauna nur Gammarus fluviatilis und rote Chironomus-Larven.

III. Unterhalb der Mündung der Schiltigheimer Abwässer. Von der Mündung an bis auf eine Entfernung von mehr als 100 m abwärts ist die Oberfläche der Ill entlang des linken Ufers mit einem schmutzig-rötlichen Schaum bedeckt. An den Uferpflanzen sehr üppige Rasen von Sphaerotilus und besonders Leptomitus lacteus.

IV. 1 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer. Der Abwasserstrom, erfüllt von Massen großer Bakterien-Zoogloeen, Fettklumpen und -tropfen,

Muskelfasern, Papierresten, zieht sich immer noch hauptsächlich entlang des linken Ufers hin, das mit Sphaerotilus und Leptomitus-Rasen überwuchert ist. Hier Sichttiefe 65 cm; rechts 85 cm, hier auch viel weniger Pilze am Ufer.

V. 2,5—2,7 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer. Abwasserreste im Plankton gegen Station IV kaum merklich vermindert; namentlich noch die Fettropfen zahlreich vorhanden. Am Ufer die Pilzrasen ebenfalls noch immer sehr üppig. Auf dem schwarzen Schlammgrund am Boden viele Gammarus fluviatilis und Asellus aquaticus, oft ganz in Pilzwucherungen eingehüllt. Von Würmern hier Tubificiden (besonders Limnodrilus) und Nephelis vulgaris häufig, ebenso von Mollusken Sphaerium corneum, Planorbis corneus und Planorbis marginatus.

VI. 5 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer. Auch an dieser Stelle, wo die Wassergeschwindigkeit etwa 50—60 cm pro Sekunde beträgt, ergibt das Planktonnetz noch sehr zahlreiche Abwasserreste in Gestalt von Fettklümpchen und -Tropfen, Pilzflocken, Stärkezellen der Kartoffel, gelben Muskelfasern usw. Am Grunde erscheinen einzelne Büsche der phanerogamen Wasserpflanzen wie Elodea canadensis, Ceratophyllum demersum und Batrachium fluitans, welch letzteres 1 km weiter aufwärts auch am Ufer angespült gefunden wurde. Von Tieren sind hier Asellus aquaticus und Gammarus fluviatilis in besonderer Häufigkeit vertreten.

VII. 10 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer. Im Plankton sind noch alle Abwasserreste vertreten, doch erscheinen dieselben mehr „detritiert“ als weiter oben. Besonders zahlreich sind Papierreste, die in Stücken von der Größe eines Fünfpfennigstückes im Wasser dahintreiben. Der Boden ist in ca. 2 m Tiefe dicht mit Geröll und Kieseln bedeckt, die fast alle mit schwarzbraunen Krusten von Lithoderma überwachsen sind.

VIII. 12 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer. Plankton ähnlich wie bei Station VII. Etwas unterhalb der Wanzenauer Brücke zeigen sich am Holzwerk und ähnlichen festen Substraten am Ufer noch zahlreiche Sphaerotilus-Räschen von mehreren cm Länge. Im Wasser flutende Büsche von Batrachium fluitans sind mit zahlreichen Larven der Fliege Simulium besiedelt.

IX. 16,5 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwasser. An dieser Stelle, die etwa 300 m oberhalb der Illmündung gelegen ist, betrug die Sichttiefe 65 cm. Das Planktonnetz ergab einen recht reichlichen graubraunen Detritus, der von Abwasserresten noch zahlreiche Sphaerotilus-Flöckchen, weiter Beggiatoa-Fäden, Kartoffelstärkezellen, Fettropfen und schon recht weit detritierte gelbe Muskelfasern enthielt.

X. Zirka 20 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer. Im strömenden Rhein (3 km unterhalb der Illmündung) ließen sich von Abwasserresten noch Sphaerotilus-Räschen, Zellulose- und Textilfasern sowie Kartoffelzellen und Fettropfen nachweisen. Die Sichttiefe betrug hier — bei der Brücke Freistett-Gambsheim — nahe dem linken Ufer 60 cm. —

Ein Überblick über diese Befunde läßt ohne weiteres erkennen, daß die Reste der Abwässer von Straßburg, Schiltigheim und Bischheim dieses Mal auffallend lange im Wasser der Ill persistieren; die schwer angreifbaren Zellulose- und Textilfasern,

die ausgelaugten Kartoffelzellen, die Fettropfen sogar noch im Rhein, 18—20 km von den Abwassermündungen entfernt. Das ist eine Ausdehnung der Verschmutzung, welche diejenige vom Mai 1902 noch übertrifft. Die Ursache dieser mangelhaften Selbstreinigung kann nur in der — im Vergleich zum Sommer — noch recht kümmerlichen Entwicklung der submersen Pflanzenwelt und der davon abhängigen Tierwelt liegen, wie sie auf der ganzen Strecke konstatiert wurde.

III. Rheinstrecke Kehl-Maxau (19. März 1907).

Pegel bei Kehl: 239 cm (am 18.: 219 cm). Temperatur des Wassers: + 5,6° C.

Das bei Kehl in dem ziemlich stark gestiegenen Rheine gefischte Plankton ergab, wie zu erwarten, gewaltige Mengen von mineralischem und besonders auch vegetabilischem Detritus. Planktonorganismen waren auch hier nur höchst spärlich vertreten. Gallertschläuche von Hydrurus mit lebenden Monaden waren weniger selten.

Schutter bei Kehl.

Das trübe schmutzige Wasser, das mit einer Geschwindigkeit von 20 cm pro Sekunde dahinfließt, führt neben gewaltigen Massen von Zellulose- und Textilfasern auch größere Mengen von gröberen pflanzlichen Resten dem Rheine zu. Hier ist es auch jetzt noch etwa 1 km unterhalb der Mündung in Gestalt eines etwa 18—20 m breiten Schmutzstreifens deutlich erkennbar.

Im Flusse selbst sowie in seinem direkten Bereiche bei der Mündung erscheint der Boden völlig azoisch, soweit die gröbere Fauna in Betracht kommt. Auch Pilzrasen sind hier nur ziemlich kümmerlich entwickelt. Besser gedeihen die Sphaerotilus-Rasen an den Steinen der Uferböschung bis gegen die Kinzig-Mündung hin, wo (ca. 100—200 m unterhalb Mündung) auch Diatomeen wie Synedra ulna, Cymbella lanceolata, Diatoma vulgare hinzutraten. Die Abwasserinfusorien waren hier durch Chilodon cucullulus, Trochilia palustris sowie Glaucoma scintillans vertreten.

Die Planktonfänge ergaben noch in 5 km Entfernung unterhalb der Schuttermündung nahe dem rechten Ufer zahlreiche Zellulose- Textil- und Wollfasern sowie mikroskopische Sphaerotilus-Räschen. —

Außer der Schutter wurde auf dieser Strecke noch die Mündung der Ill untersucht; die hier gewonnenen Resultate sind bereits auf den vorhergehenden Seiten verarbeitet. Weitere Untersuchungen wurden durch das stark steigende Wasser und den starken Sturm verhindert.

IV. Rheinstrecke Maxau-Speyer (20. März 1907).

Die Untersuchung dieser Strecke mußte dieses Mal bedauerlicherweise fast völlig aufgegeben werden, da die Wasser- und Witterungsverhältnisse sich immer ungünstiger gestalteten.

Der Rhein stieg rapid. So betrug der Pegelstand in Maxau am 19. März morgens 407 cm, mittags 450 cm, am 20. März morgens 475 cm, mittags 506 cm und nach-

mittags 3 Uhr gar 515 cm. Dazu noch ein Weststurm in solcher Gewalt, daß es unmöglich war, das Kajütenboot vom Badischen Ufer abzubringen.

Unter diesen Umständen mußte sich die Untersuchung auf die Entnahme einiger Planktonproben im Rhein bei Maxau beschränken. Wie zu erwarten, war die vom Strom mitgeführte mineralische und vegetabilische Detritusmenge eine ganz gewaltige; betrug doch die Sichttiefe in der bräunlichen Brühe nur 25 cm. Planktonorganismen waren höchst selten und, abgesehen von dem neu hinzugekommenen Rädertier Notholca acuminata, nur in den bereits bei Hüningen aufgezählten Arten vertreten. Reicher war das Pseudoplankton, so vor allem Schläuche von Hydrurus foetidus, Chantransia, Cladophora glomerata (meist abgestorben), Melosira varians, viele Moosfragmente usw. Von Abwasserresten fanden sich Zellulosefasern sowie einzelne ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel, die möglicherweise noch aus der Ill stammten.

V. Rheinstrecke Speyer-Ludwigshafen (21. März 1907).

Pegel bei Speyer: 515 cm (am 20: 485 cm). Temperatur des Wassers 6° C.

Speierbach.

Durch die hochgehenden trüb gelben Wogen des Rheins — Sichttiefe 20 cm — erscheint das dunkelbraune Wasser des Speyerbachs oberhalb der Mündung weit zurückgestaut. Abwasserreste fanden sich hier im Plankton nur relativ wenig vor — hauptsächlich kleine Rasen von Sphaerotilus natans und Leptomitus lacteus — da das jetzt fast stagnierende Bachwasser die Sedimentierung sehr begünstigt.

Altrhein von Angelhof und Otterstadt.

Bei dem gegenwärtigen Pegelstande überflutet der Rhein das verlandete obere Ende der beiden großen Altwasser, sodaß die sonst stagnierenden klaren Strombuchten nunmehr von trübem Wasser mehr oder weniger stark durchströmt werden. Dies gilt besonders vom Altrhein Angelhof; bei dem Altrhein Otterstadt war die Einströmung von Rheinwasser bisher eine viel geringere, da die Sichttiefe hier etwa 2 km oberhalb der unteren Mündung noch 55 cm betrug.

Eine derartige Durchspülung von oben her wird natürlich auch einen großen Teil des hier angereicherten Planktons in den offenen Strom einschwemmen. Hauptsächlich aus diesem Grunde war darum heute auch die Quantität des Planktons — verglichen mit früheren Befunden — eine recht geringe. Über die Qualität und relative Häufigkeit der einzelnen Komponenten gibt folgende Liste Aufschluß:

Plankton der Altrheine beim Angelhof und bei Otterstadt.

Algen.

		Angelhof	Otterstadt
Cyanophyceen:	Oscillatoria rubescens	nicht selten	nicht selten
Diatomeen:	Asterionella gracillima	sehr häufig	sehr häufig
	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	sehr einzeln	sehr einzeln

		Angelhof	Otterstadt
	Fragilaria crotonensis	nicht selten	nicht selten
	Synedra delicatissima	„	„
	Melosira crenulata var.	„	ziemlich häufig
	Stephanodiscus astraea	ziemlich häufig	„
	Protozoëen.		
Flagellaten:	Synura uvella	einzeln	—
Infusorien:	Disematostoma Bütschlii	„	—
	Codonella lacustris	„	—
	Rotatorien.		
	Synchaeta pectinata	einzeln	nicht selten
	Synchaeta tremula	„	„
	Polyarthra platyptera	„	—
	Anuraea aculeata	—	sehr einzeln
	Crustaceen.		
	Cyclops strenuus	—	häufig

Im offenen Rheine wurde auf dieser Strecke auch noch eine Planktonprobe ca. 400 m unterhalb der Einmündung der Abwässer vom Stengelhof und der Rheinau entnommen und zwar nahe dem rechten Ufer. Abwasserreste konnten hier nicht mehr nachgewiesen werden.

VI. Rheinstrecke Ludwigshafen-Mannheim-Worms (22. März 1907).

Pegel am 22. März: 598 cm (am 21. März 582). Temperatur des Wassers 6,5° C.

Städtische Abwässer von Ludwigshafen.

Die Mündung des Abwasserdolens ist gegenwärtig völlig unter Wasser gesetzt; nur einzelne aufquellende Schmutzwolken zeigten die Stelle der Mündung an. Etwa 10 m abwärts ergab das Planktonnetz zahlreiche Abwasserreste in Gestalt von Fetttropfen- und Klumpen, farbigen Woll- und Textilfasern, Haaren, Zellulosefasern, Stärkezellen der Kartoffel, Bakterien-Zoogloeen, Zoogloea ramigera, Sphaerotilus-Flocken. Gelbe Muskelfasern wurden dieses Mal nicht gefunden. Mit Ausnahme der Bakterien-Zoogloeen konnten alle diese Reste auch noch 5 km unterhalb der Abwassermündung nahe dem linken Stromufer nachgewiesen werden.

Etwa 150 m unterhalb der Mündung des Abwasserdolens befindet sich eine Landungsbrücke, die etwa 20 m in den Rhein vorspringt. Die Holzplanken des Pontons sind auswärts, d. h. an der der Strommitte zugekehrten Seite, mit einer bräunlichen schlickigen Kruste überkleidet, welche Massen von Diatomeen, besonders kleinste Naviculeen, dann zahlreiche Gomphonema olivaceum, Melosira varians, Diatoma vulgare, Meridion circulare, Cymbella lanceolata, Encyonema prostratum, Synedra radians usw. enthält. Von Algen kamen dazu Ulothrix subtilis und Stigeoclonium

tenue, von Tieren einzelne Infusorien wie Chilodon cucullullus und Aspidisca lynceus, weiter Eiersäcke von Macrobiotus macronyx und Chironomus-Larven. An der inneren, landwärts gerichteten Seite des Pontons, die noch im Bereiche des Abwasserstreifens lag, traten zu diesen Organismen noch kleine Sphaerotilus-Rasen und von Abwasser-Infusorien besonders Trochilia palustris in beträchtlicher Zahl hinzu.

Abwässer der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik.

Über die Ausdehnung und Wirkung dieser Abwässer auf die Fauna und Flora des Ufers Beobachtungen anzustellen war dieses Mal völlig unmöglich, denn der Rhein hatte die Mündungen der Abwässer so weit überflutet, daß von dem sonst weit verfolgbaren Farbstreifen an der Oberfläche des Stromes auch keine Spur zu sehen war!

Neckar bei Mannheim.

Wie der Rhein, so ist auch der Neckar in den letzten Tagen gewaltig angeschwollen, wie folgende Übersicht der Pegelstände bei Mannheim zeigt:

17. März	409 cm
18. „	422 „
19. „	472 „
20. „	615 „
21. „	628 „
22. „	620 „

Die Detritusführung des Flusses war eine ganz enorme; es schien jetzt hauptsächlich der vom Regen in die Bäche eingeschwemmte Humus abgeführt zu werden. Die zahllosen bräunlichen organischen Krümel desselben füllten in kurzer Zeit das Planktonnetz an; lebende Organismen wie Algen, Protozoen, Rädertiere und ähnliche fehlten fast völlig. Einige Diatomeen wie Cymatopleura elliptica, ein losgerissenes Exemplar des Infusors Zoothamnium arbuscula, eine Larve von Chironomus war alles, was selbst nach längerem Suchen nachgewiesen werden konnte. Doppelt interessant war unter diesen Umständen der Zufallsfund eines Eies von Ascaris lumbricoides ca 300 m oberhalb der Mündung.

Völlig verwischt war dieses Mal auch die früher wiederholt konstatierte Verschiedenheit des Neckarplanktons oberhalb und unterhalb des Verbindungskanals, da bei dem hohen Pegelstande des Flusses natürlich kein Wasser aus dem Mannheimer Hafen durch den Kanal in den Neckar einströmen konnte.

Mannheimer Abwässer.

Trotz der so ungünstigen Verhältnisse gelang es etwa 30 m unterhalb der Einmündung der Mannheimer Abwässer einige Steine vom Grunde des Rheines mit dem Schleppnetz heraufzuholen. Dieselben waren dicht mit Rasen von Leptomitus lacteus bedeckt, einem Abwasserpilz, der für Haus- und Fäkalabwässer im Frühjahr besonders charakteristisch ist[1]). Sphaerotilus natans fehlte ebenfalls nicht, trat aber

[1]) Leptomitus lacteus wird dem Rhein oberhalb Mannheim auch zahlreich durch den Leinbach (zwischen Mannheim und Speyer) zugeführt und treibt dann hier im Frühjahr in Gestalt von zarten flaumfederartigen Flocken zu Tal.

gegen Leptomitus mehr in den Hintergrund. Von Tieren waren Gammarus fluviatilis und Chironomus-Larven vertreten. Von Abwasserresten fielen besonders zahlreiche Getreidespelzen auf, die sich in den Pilzrasen verfangen hatten.

2 km unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer ergab das Planktonnetz nahe dem rechten Ufer gewaltige Massen von organischem humösem Detritus, ganz wie im Neckar, dazu Abwasserreste in Gestalt von gelben Muskelfasern, Stärkezellen der Kartoffel, Haaren, Fettropfen, sowie Leptomitus-Räschen. Letztere fanden sich auch noch in einer Planktonprobe, die bei der Petersau, also ca. 5 km unterhalb der Mündung der Mannheimer Abwässer zwischen Strommitte und rechtem Ufer entnommen wurden.

An beiden letztgenannten Stationen fehlten nun trotz speziell hierauf gerichteter Untersuchungen die charakteristischen Formen des Rheinplanktons so gut wie völlig. Dies, sowie der Umstand, daß der Rückstand im Planktonnetz völlig jenem des Neckars glich, beweist meines Erachtens zur Genüge, daß zur Zeit meiner Untersuchung hier die rechte Stromseite des Rheins mindestens bis zur Höhe der Petersau noch unvermischtes Neckarwasser führte[1]).

Abwässer der Waldhof-Fabriken.

Da der Rhein fast die Krone der Uferböschung überflutete, war bei der Mündung der Waldhof-Abwässer heute nichts von der so charakteristischen Abwässer-Kaskade wahrzunehmen. Das bräunliche Wasser des zuführenden Kanals war weithin gestaut und hatte das ganze mit Weiden bewachsene Hintergelände überschwemmt. Die Temperatur der Abwässer bei der Mündung betrug 12° C, die des Rheins einige Meter oberhalb 6° C.

---

[1]) Meine Untersuchungen haben mich zu der Überzeugung geführt, daß das **Plankton** (im weitesten Sinne genommen) sich in fließenden Gewässern sehr gut auch zur Beurteilung **hydrologischer Fragen** heranziehen läßt.

Ähnlich wie im Meere gewisse Planktonorganismen wie z. B. Diatomeen, Peridineen, Quallen usw. als „Stromweiser" für Herkunft, Richtung und Ausbreitung bestimmter Meeresströmungen dienen können, läßt sich auch in einem Flußsystem mit Hilfe des Planktons beispielsweise feststellen, wie weit sich das Wasser eines Nebenflusses in demjenigen des Hauptflusses unvermischt hält. Man braucht zu diesem Zwecke nur das Plankton der betreffenden Gewässer genau zu untersuchen und kann dann im Hauptstrom durch entsprechend verteilte Planktonfänge feststellen, wie weit sich die Charakterformen des Nebenflusses, die „Leitformen", hier sich rein, d. h. ohne Mischung mit denen des Hauptstromes nachweisen lassen. Daß sich mit Hilfe dieser mikroskopisch-biologischen Methode auch hydrologische Zusammenhänge verschiedener Gewässer ermitteln lassen, habe ich schon früher (diese Arbeiten Bd. XXV (1907) S. 111) am Beispiel der Ill zeigen können, wo aus dem Auftreten typischer Rheinplanktonformen bei Straßburg mit aller Sicherheit auf das Bestehen einer weiter oberhalb befindlichen Verbindung der Ill mit dem offenen Rheine geschlossen werden konnte. Ähnliches gelang später auch beim Neckar. Meiner Ansicht nach dürften sich derartige vergleichende Untersuchungen des Planktons — worunter ich hier stets den gesamten Inhalt des Planktonnetzes verstehe — auch mit Vorteil zum Nachweis des Zusammenhanges unterirdischer Flußläufe (Karstflüsse, Donau-Radolfszeller Aach usw.) verwenden lassen. Ich hoffe auf diesen Punkt später noch eingehender zurückzukommen und behalte mir weitere Ausführungen darüber vor.

Frankenthaler Kanal.

Das Wasser des Kanals ist bei weit geöffneten Schleusentoren ebenfalls zurückgestaut und setzt sich durch seine braune Färbung scharf von den trüben lehmigen Fluten des Rheins ab. Hinter der Schleuse ergab das Planktonnetz in dem stagnierenden Wasser folgende Organismen:

Protozoen.

Flagellaten: Synura uvella häufig.
Infusorien: Bursaria truncatella häufig,
Stentor polymorphus häufig,
Paramaecium caudatum nicht selten.

Rotatorien.

Synchaeta tremula einzeln,
Hydatina senta häufig,
Rotifer vulgaris häufig.

Wie man sieht, alles Organismen, die auch mehr oder weniger beträchtliche Verunreinigungen zu ertragen vermögen. Bemerkenswert ist das fast völlige Fehlen der Algen, nur Synedra radians wurde in ganz vereinzelten Exemplaren erbeutet.

VII. Rheinstrecke Worms-Oppenheim (23. März 1907).

Pegel 303 cm (am 22. März 320 cm) Temperatur des Wassers + 6,5° C.

Biologisches Profil des Rheins oberhalb Worms.

Sichttiefe überall 30 cm. Das Plankton, höchst spärlich vertreten, ist im ganzen Querprofil gleichmäßig verbreitet. Zur Beobachtung gelangten nur vereinzelte Exemplare von Oscillatoria rubescens, Asterionella gracillima, Fragilaria crotonensis, Synedra delicatissima, Stephanodiscus astraea, Staurastrum gracile, — weiter Synchaeta pectinata und ein junger Cyclops.

Das Pseudoplankton ergab:

Linkes Ufer: Große Mengen von mineralischem Detritus. Abgestorbene Zweige von Cladophora glomerata nicht selten, ebenso lebende Pflänzchen und Äste von Chantransia, Batrachospermum moniliforme, Ulothrix zonata, Rhoicosphenia curvata (ein Büchel aus über 100 Zellen bestehend), Gomphonema intricatum, Cladothrix dichotoma. Zellulosefasern mäßig häufig.

Strommitte: Anscheinend mehr organischer Detritus wie links, einzelne Schläuche von Hydrurus foetidus, sowie Ketten von Fragilaria virescens. Sonst wie links.

Rechtes Ufer: Anscheinend weniger treibende Algenreste als Mitte oder linkes Ufer. Zellulosefasern entschieden zahlreicher; einzelne ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel.

Städtische Abwässer von Worms.

Der Abwasserdolen, dessen Decke gerade noch über den Wasserspiegel ragt, entläßt einen dunklen, sehr detritusreichen Schmutzstreifen, der sich, anfangs 3—5 m

breit, über 500 m weit am Ufer direkt verfolgen läßt. Etwa 10 m unterhalb der Mündung ergab bei einer Sichttiefe von 25 cm das Planktonnetz quantitativ außerordentlich reichliche Mengen fester Abwasserreste, vor allem Massen der für die Wormser Abwässer besonders charakteristischen blauen und roten Textil- und Wollfasern, weiter Haare, Stärkezellen, Sphaerotilus-Flocken, Pilzmycelien, Zoogloea ramigera usw. Auch gelbe Muskelfasern, die früher hier vermißt wurden, fanden sich vor; es müssen also dieses Mal auch Fäkalabwässer eingeleitet worden sein.

Alle diese Reste, natürlich entsprechend verdünnt, fanden sich in dem linksseitigen Plankton bei der Eisenbahnbrücke, etwa 1 km weiter abwärts noch vor, also an einer Stelle, wo für das Auge von dem Schmutzstreifen der Abwässer kaum noch etwas erkenntlich war.

Strohstoffabrik Rheindürkheim.

Die braunen Abwässer, unterhalb des Einlaufes etwa 15 m weit in den Rhein sich verbreitend und mit dicken zähen gelblichen Schaumballen und -flocken dicht bedeckt, sind so gegenwärtig etwa 100 m weit am Ufer direkt zu verfolgen. Das Planktonnetz ergab, wie immer bisher, nur Massen mehr oder weniger isolierter Strohzellen, die weiter stromab noch im Oppenheimer Hafen ziemlich zahlreich gefunden wurden. Sichttiefe 10 m unterhalb des mittleren Einlaufes 25 cm.

VIII. Rheinstrecke Oppenheim-Mainz (25. März 1907).

Pegel bei Oppenheim 282 cm; am 24. März 319 cm. Temperatur des Wassers (Hafen) 5,1° C, der Luft 6° C.

Oppenheimer Hafen.

Das gefischte Plankton erwies sich, wie folgende Liste zeigt, zwar ziemlich reich an Arten, war aber sonst quantitativ nur recht gering entwickelt. Neben den Organismen fanden sich viele Strohzellen, von Rheindürkheim stammend.

Plankton des Oppenheimer Hafens.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens einzeln.
Diatomeen: Asterionella gracillima häufig,
Fragilaria crotonensis recht selten,
Synedra delicatissima einzeln,
Melosira crenulata var. einzeln,
Melosira tenuis einzeln,
Stephanodiscus astraea nicht selten.

Protozoën.

Flagellaten: Synura uvella einzeln,
Ceratium hirundinella ein Exemplar.
Infusorien: Disematostoma Bütschlii ziemlich häufig,
Didinium nasutum nicht selten,

Glaucoma scintillans nicht selten,
Stentor polymorphus ziemlich häufig,
Stentor coeruleus nicht selten,
Astylozoon (fallax?) einzeln.

Rotatorien.

Synchaeta pectinata einzeln,
Synchaeta tremula einzeln,
Polyarthra platyptera einzeln,
Brachionus pala einzeln,
(Rotifer vulgaris nicht selten).

In dieser Planktongesellschaft fällt besonders die relative Häufigkeit der Infusorien auf. Unter diesen sind auch noch einige Abwasserformen vertreten (Glaucoma, Astylozoon), deren Auftreten wohl durch den Einlauf von Hausabwässern am oberen Ende des Hafens gefördert wurde.

Altrhein und Schwarzbach bei Ginsheim.

Der Altrhein Ginsheim führte entlang des rechten Ufers einen breiten Streifen dunklen aber recht klaren Wassers, das sich als Abfluß des hier einmündenden Schwarzbachs erwies. Die Oberfläche war mit vielem treibendem pflanzlichen Materiale bedeckt; die Sichttiefe betrug im eigentlichen Bachlaufe nicht weniger als 140 cm, während der Altrhein im Bereich des trüben Rheinwassers nur 35 cm aufwies.

Das Plankton des Schwarzbaches enthielt viel pflanzlichen Detritus, Reste von eingeschwemmten Insekten, speziell Poduriden. Von Formen des freien Wassers fanden sich nur die Flagellaten Synura uvella sowie Eudorina elegans vor. Viel zahlreicher waren die Bodenformen, vor allem Diatomeen wie Navicula cuspidata, Stauroneis phoenicenteron, Nitzschia sigmoidea, Surirella splendida, Amphora ovalis, Cymatopleura elliptica, Diatoma elongatum, Meridion circulare, Melosira varians usw. Dazu Rotifer vulgaris, Nauplien von Harpactiden, Ostracoden und interessanterweise auch ein Exemplar von Polyphemus pediculus, eines Krebses, der besonders die kühlen Moorgewässer der Gebirge bewohnt und meines Wissens im nördlichen Teil des Oberrheingebietes bisher noch nie gefunden wurde, während er im südlichen im Altrhein bei Sponeck vorkommt.

Plankton des Altrheins bei Ginsheim.

Algen.

Cyanophyceen: Oscillatoria rubescens nicht selten.
Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides einzeln,
Asterionella gracillima sehr häufig,
Synedra delicatissima nicht selten,
Fragilaria crotonensis nicht selten,
Stephanodiscus astraea häufig,
Melosira crenulata var. einzeln.
Chlorophyceen: Pediastrum pertusum einzeln.

Protozoen.

Dinobryon stipitatum sehr einzeln,
Ceratium hirundinella einzeln.

Rotatorien.

Polyarthra platyptera einzeln,
Synchaeta pectinata einzeln,
Notholca striata
Notholca striata var. labis } nicht selten,
Notholca striata var. acuminata
Notholca foliacea einzeln.

Crustaceen.

Cyclops strenuus einzeln.

Dazu Bodenformen, wie Surirella calcarata, Diatoma elongatum, Difflugia pyriformis, Nauplien von Harpactiden, leere Cysten von Macrobiotus macronyx.

Biologisches Profil des Rheins bei Weisenau.

A. Plankton.

		Links	Mitte	Rechts
Cyanophyceen:	Oscillatoria rubesceus	einzeln	einzeln	einzeln
Diatomeen:	Asterionella gracillima	"	zieml. häufig	zieml. häufig
	Fragilaria crotonensis	"	nicht selten	nicht selten
	Stephanodiscus astraea	"	" "	" "
Rotatorien:	Synchaeta tremula	sehr einzeln	—	—
	Polyarthra platyptera	" "	—	—

B. Pseudoplankton.

Linkes Ufer. Sichttiefe 38 cm. Sehr viel mineralischer und organischer Detritus. Zellulosefasern ziemlich zahlreich, ebenso Strohzellen. Gefärbte Textilfasern nicht selten.

Strommitte. Sichttiefe 45 cm. Sehr viel organischer Detritus, besonders Zellulosefasern, Strohzellen, einzelne ausgelaugte Stärkezellen. Ein Exemplar von Hydrurus.

Rechtes Ufer. Sichttiefe 40 cm. Sehr viele Zellulosefasern, blaue Textilfasern, Strohzellen, mikroskopische Sphaerotilus-Flocken, Ulothrix, Chantransia-Reste, Bodendiatomeen wie Surirella splendida, Cymatopleura solea usw.

Eine vergleichende Betrachtung dieser Befunde zeigt zunächst, daß in dem Profil Weisenau, abweichend von den bisherigen Profilen, das Plankton deutlichere Häufigkeitsunterschiede je nach der Probeentnahmestelle aufweist. Die Mitte und die rechte Stromseite sind entschieden reicher damit bedacht als das linke Ufer. Der Grund hierfür kann nur darin liegen, daß bei dem stark fallenden Pegel (am 25. März in

Oppenheim 37 cm weniger als am 24. März) das Wasser des Altrheins Ginsheim ausströmt und das in ihm angereicherte Plankton in den Rhein einschwemmt. Wahrscheinlich ist auch die beträchtlichere Sichttiefe in der Mitte und rechts (45 resp. 40 cm gegen 38 cm links) der Einwirkung des klaren Schwarzbachwassers zuzuschreiben.

Rückblick.

Werfen wir, am Ende unserer Untersuchungsfahrt angelangt, noch einmal einen Blick rückwärts, so müssen wir gestehen, daß die dieses Mal erhaltenen Resultate im allgemeinen nicht so befriedigend sind als die bei früheren Untersuchungsfahrten erhaltenen. Dies gilt, wie schon eingangs erwähnt, besonders für die Strecke Maxau bis Mainz. Der Grund hierfür ist nicht so sehr in dem hohen Wasserstand an und für sich zu suchen, sondern in dem während der Untersuchungsfahrt eingetretenen rapiden Steigen des Stromes, bedingt durch die Frühjahrs-Hochwasser der Nebenflüsse unterhalb des Bodensees. Pegelstände, wie sie im März 1907 erreicht wurden, sind im Sommer hier auf längere Zeit hindurch normale Erscheinungen. Ein Unterschied besteht aber darin, daß die sommerlichen Hochwasserstände das Ergebnis eines vom Bodensee regulierten langsamen stetigen Anschwellens sind und nicht dasjenige eines plötzlichen Steigens, dem vielleicht bald darauf ein ebenso schnelles Abfallen folgt.

Da nun bei einem raschen Steigen des Stromes der dadurch geschaffenen räumlichen Erweiterung der bewohnbaren benetzten Uferfläche keineswegs sofort ein entsprechend rasches Nachrücken der litoralen Fauna und Flora auf dem Fuße folgt — denn dazu bedarf es besonders für die seßhaften Formen, vor allem für die Pflanzenwelt immerhin einiger Zeit[1]) — so werden bei steigendem Pegelstand gerade die sonst der direkten Beobachtung am leichtesten zugänglichen Lebensgemeinschaften zunächst dem Auge entzogen. Was diese Ausschaltung eines wertvollen Hilfsmittels für die biologische Beurteilung des Einflusses der Abwässer bedeutet, braucht hier wohl nicht näher ausgeführt zu werden.

Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn das Wasser nach längerem Beharren auf einem beliebig hohen Pegelstande sinkt. Dann muß die vorher über ein größeres Gebiet ausgebreitete Uferfauna sich mehr und mehr auf einen kleineren Raum konzentrieren, wodurch vor allem die beweglichere Tierwelt auf einer gegebenen Raumeinheit zunächst vielfach individuenreicher erscheinen wird als vorher. Diese allmähliche Einengung des Lebensraumes in vertikaler Richtung hat nun schon für sich allein zur Folge, daß sich hier bald ein wirklicher „Kampf ums Dasein" entspinnt, der alle Elemente, welche den veränderten Existenzbedingungen nicht völlig gewachsen sind, verdrängt oder austilgt. Am stärksten wird diese Auslese natürlich im Bereich der Abwässer sein, wo zu dem Raummangel noch die Einwirkungen der

---

[1]) Da über die Zeitdauer, die erforderlich ist, um vorher „reine" Standorte mit Abwasserorganismen zu besiedeln, noch wenig bekannt ist, möchte ich bemerken, daß ein großer Schleppkahn, der in den Bereich der Ludwigshafener Abwässer zu liegen kam, in 14 Tagen hier dicht mit handlangen Sphaerotilus-Rasen überkleidet wurde.

mit der Verminderung der Wasserführung des Vorfluters sich entsprechend steigernden Konzentration der Abwässer hinzukommen. Ein Beispiel nach dieser Richtung hin geben die vom Pegelstande abhängigen Schwankungen im ersten Auftreten der Schnecke Gulnaria ovata unterhalb der Abwässer der Bad. Anilin- und Sodafabrik.

Das Vorstehende dürfte zur Genüge dartun, wie sehr die allgemeine Tendenz der Pegelbewegung eines Flusses vor und während der Untersuchung deren Resultate beeinflußt, wie also die Gewinnung eines übersichtlichen und ungetrübten biologischen Bildes der Abwasserwirkungen nur bei entsprechenden günstigen Pegelständen zu erwarten ist. Der Wichtigkeit dieses Punktes gegenüber tritt der Einfluß der Jahreszeit ganz in den Hintergrund. Die Folgerungen für die Wahl des Zeitpunktes künftiger biologischer Flußuntersuchungen ergeben sich daraus von selbst.

Ludwigshafen a. Rhein, 16. Dezember 1907.

Bericht über die Ergebnisse der 4. biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis unterhalb Koblenz vom 18. bis zum 25. März 1907.

Von

Professor **Dr. M. Marsson,**

Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Die vierte biologische Untersuchung des Rheins fand bei steigendem Hochwasser statt. Bei Beginn der Untersuchung in Mainz am 18. März 1907 zeigte der dortige Pegel 1,56

	am 19. März stieg er auf	1,73
	„ 20. „ „	2,16
	„ 21. „ „	3,00
	„ 22. „ „	3,26
	„ 23. „ „	3,37
dann	„ 24. fiel er auf	3,25
und	„ 25. „	2,89

an welchem letzten Tage die Strecke von Oppenheim bis Mainz in Gemeinschaft mit Professor Dr. Lauterborn untersucht wurde. Die Pegelstände sind vom Großherzoglichen Wasserbauamt Mainz morgens 6 Uhr aufgenommen. Es wurden über die Anfangs des Jahres 1907 stattgehabten Pegelstände und Eisgänge noch folgende Angaben gemacht:

1. Wasserstände des Rheins am Mainzer Pegel:

Januar 1907, höchster Stand + 1,67 m (17 cm über Mittelwasser) am 5. Januar.

Februar 1907, desgleichen + 1,94 m am 23. Februar (44 cm über Mittelwasser).

März 1907, desgleichen + 3,37 m am 23. Niedrigster Monatsstand am 10. März 07 + 0,82 m.

2. Eisverhältnisse:

Januar 1907, am 1. und 2. Treibeis vom Main, am 23. bis 30. desgleichen vom Rhein und Main.

Februar 1907, am 2. bis 8. und vom 11. bis 13. Treibeis vom Main.

März 1907, kein Eis mehr.

Der Wasserstand von + 3,37 m während der Untersuchung ist der bisher höchste in diesem Jahre.

Der Main hatte nach Angaben der Preußischen Wasserbauinspektion in Frankfurt a. M. vom 1. bis zum 17. März einen durchschnittlichen Pegelstand von 2,29, am 17. März von 2,25;

	am 18. März stieg er auf	2,31
	„ 19. „ „	2,47
	„ 20. „ „	2,91
	„ 21. „ „	3,28
	„ 22. „ „	3,50
	„ 23. „ „	3,80
und fiel	„ 24. „	3,78
und	„ 25. „	3,27
	dann weiter bis zum 31. auf	2,46

Der hohe Wasserstand erschwerte die biologische Untersuchung ungemein, zumal am 19. und 20. März bei Regen und starkem Sturm die Befahrung im Boote sich derart schwierig gestaltete, daß die meisten Buhnenstrecken nicht befahren werden konnten. Die Zahl der Entnahmestellen ist demnach bei der vierten biologischen Untersuchung eine geringere als bei der dritten im August 1906 ausgeführten, welche unter günstigen Verhältnissen bei niedrigem Mittelwasser nirgends Schwierigkeiten bot.

I. Rheinprofil oberhalb Mainz.

Montag, den 18. März 1907.

Mainzer Pegel: Vorm. 9 Uhr 1,59 (Mittelwasser = 1,50, Niederwasser = 0,70). Witterung: Regen. Wassertemperatur 5° C. bei 7,5° der Luft. Reaktion des Wassers: nach einigen Minuten deutlich alkalisch.

Geruch: normal.

Eimerprobe bei Mainz: viel Sedimente, mit Säure aufbrausend; weißlich graue Pilzflocken bis zu 2 cm finden sich einzeln suspendiert sowie im Bodensatze. Schwefelwasserstoffreaktion zeigt sich im Eimersedimente nicht, jedoch tritt nach längerer Einwirkung von Säure auf Bleipapier im konzentrierten Plankton schwache Bräunung ein.

A. Linke Stromseite oberhalb der Eisenbahnbrücke:

Sichttiefe (stets im Durchschnitt von 3 Bestimmungen) 62 cm.

a) Treibendes Material (aus ungefähr 2 cbm Rheinwasser im großen Netz aus Seidengaze No. 20 gewonnen):

1. Planktonische Organismen:

Oscillatoria rubescens ziemlich häufig,
Oscillatoria agardhi nicht selten,
Synura uvella einzeln,
Dinobryon cylindricum var. divergens einzeln,
Ceratium hirundinella einzeln,
Fragilaria crotonensis häufig, Frusteln meist 135—155 μ,
Fragilaria capucina, mehr einzeln,

Asterionella gracillima, häufig, Frusteln meist 90 μ,
Synedra ulna var. longissima nicht selten,
Synedra delicatissima var. angustissima einzeln,
Melosira italica var. tenuis einzeln,
Melosira granulata var. jonensis einzeln,
Melosira islandica var. helvetica einzeln,
Ceratoneis arcus einzeln.

2. Boden- und Uferformen: Lysigonium (Melosira) varians, Meridion circulare, Diatoma vulgare und var. tenue, Synedra ulna und var. splendens, Microneis minutissima, Cocconeis placentula, Navicula cryptocephala, Navicula rhynchocephala, Navicula cuspidata, Pleurosigma attenuatum, Gomphonema angustatum, olivaceum und parvulum, Rhoicosphenia curvata, Cymbella lanceolatum, Amphora ovalis, Encyonema ventricosum mit var. minuta, Nitzschia linearis mit var. tenuis, Nitzschia palea, communis, vermicularis, Nitzschia sigmoidea und acicularis, Cymatopleura solea und elliptica, Surirella ovalis var. minuta, Surirella biseriata und splendida; alle diese Arten nur einzeln, daneben auch viele abgestorbene Arten, namentlich Schalen von Synedren, Surirellen und von Nitzschia sigmoidea, sowie abgestorbene Einzelfrusteln von Fragilaria capucina und Asterionella. Arcella vulgaris, einzeln, Difflugia pyriformis, einzeln, Cyphoderia ampulla, einzeln. Von Rotatorien findet sich nur Rotifer vulgaris einzeln, Diglenen einzeln abgestorben, ebenso Nauplien, Nematoden einzeln bewegungslos, von Algenfragmenten kommen vor Chantransia chalybea, meist zersetzt, Oscillatoria limosa, Phormidium spec., Ulothrix zonata in Zersetzung, Cladophora glomerata gleichfalls, ferner Moosfragmente.

3. Pseudoplankton:

α) mineralischer Detritus, den weitaus größten Teil des treibenden Materials ausmachend,

β) vegetabilischer und animalischer Detritus: Spiralgefäße, Epidermiszellen, parenchymatisches Gewebe, Pollenkörner; Hüllen von Chironomidenlarven, Abdomen von Cladoceren, Panzer von Ostracoden, Schuppen von Dipteren, Spongillennadeln und viel organischer undefinierbarer Detritus.

γ) Treibende Pilze: Sphaerotilus natans, meist frisch gebildet, weniger in Zersetzung, Sphaerotilus dichotomus, einzeln.

δ) Fabrik- u. a. Abfälle: Zellulosefasern ohne Inkrusten, ziemlich häufig.
Holzfasern mit Inkrusten, mehr einzeln,
Textilfasern, namentlich von Wolle, in der Mehrzahl ungefärbt.

Es fehlen im Plankton diesmal die limnetischen Rotatorienformen, gleichfalls abgestorbene, ebenso die in der wärmeren Jahreszeit so häufige Tabellaria fenestrata forma asterionelloides.

b) Flußboden: Sand und feinerer Kies, Kohle- und Koksstückchen, dazwischen Röhrchen mit Chironomidenlarven.

B. Strommitte:

Sichttiefe 62 cm.

a) Treibendes Material: Das Plankton unterscheidet sich von dem auf der linken Flußseite gefischten nur durch die etwas größere Menge von fein verteiltem Sphaerotilus sowie dadurch, daß in der Strommitte einzelne lebende Entwicklungszustände von Copepoden vorkommen.

b) Flußboden: nur feiner Kies und etwas vegetabilischer Abfall.

C. Rechte Flußseite, oberhalb des Mainzuflusses.

Sichttiefe 60 cm.

a) Treibendes Material: Es kommt hier ganz einzeln vor Anuraea cochlearis, ferner Cryptomonas erosa nicht selten; Zellulosefasern sind sehr häufig. Mit Säure tritt nach einigen Minuten schwache Schwefelwasserstoffreaktion ein, die Flüssigkeit ist dann schwach gelb gefärbt und gibt Eisenreaktion.

b) Flußboden: weder Kies noch Sand gedretscht, nur einzelne Fontinalis- und Cladophorabüschel mit vegetabilischem Abfall, dazwischen Gammarus pulex.

Ein Planktonzug am 19. März an der Landestelle der Cöln-Düsseldorfer Dampfer in Mainz ergibt bei steigendem Rheinwasser (Pegel 9 Uhr = 1,76) noch mehr feinen mineralischen Detritus; auch jetzt finden sich keine limnetischen Rotatorien, ebensowenig Tabellaria, wie sich überhaupt die Diatomaceen verringert haben; gleichfalls fehlen wieder Ceratien und Palmellaceen, wie Pediastrum usw.; dagegen kommen hier auf der Mainzer Seite einzelne Vorticellenköpfe vor, sowie mit Beggiatoen besetzter Detritus; von Abfall blaue Baumwollfasern.

II. Main.

1. Main oberhalb Kostheim. Farbe des Mainwassers: nur schwach bräunlich, da am Montag nach dem sonntäglichen Stillstand der oberhalb liegenden Fabriken nur geringe Mengen von Farbabwässern den Fluß bis zur Mündung hinuntergelangt sind.

Geruch des Mainwassers: ganz schwach kresseartig.

Reaktion: neutral, auch nach Verlauf von 10 Minuten.

Sichttiefe: 48 cm.

Temperatur: 5° bei 7,5° der Luft.

Eimerprobe: viele größere Pilzflocken, suspendiert bleibend wie schneller sinkend, letztere meist in Zersetzung und mit Detritus beladen. Das Sediment gibt ebensowenig wie das Plankton mit Säure Kohlensäureentwicklung, dagegen Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

a) Treibendes Material: Das Plankton ist dickflockig und von tief brauner Farbe; bei der mikroskopischen Untersuchung erweist es sich hauptsächlich als ein Sphaerotilusbrei; selbst in 1 ccm aus dem Main direkt geschöpften Wassers ist in mehrfach entnommenen Proben Sphaerotilus in Flocken aufzufinden. Zwischen den Pilzmassen, die zum großen Teil schon in Zersetzung übergegangen sind, kommt viel brauner undefinierbarer Detritus vor, auch durch Gallenfarbstoffe braun und gelb tingierte Muskelfaserreste, einzelne Farbschollen, Textilfasern (weiße und rote Wollfäden, sowie solche von blauer Baumwolle), einzelne Zellulosefasern, Moosfragmente, zersetzte Cladophora und Ulothrix, Bruchstücke von Oscillatorien und Phormidien. Von Abwasserorganismen ist Carchesium lachmanni nicht selten, sonst finden sich noch einzeln

Eudorina elegans, Nitzschia sigmoidea, Synedra ulna und abgestorbene Cymbellen sowie Statoblasten von Bryozoen und Spongillennadeln. Rotatorien und Crustaceen scheinen zu fehlen.

b) Flußboden: grober Kies, ohne Schwefeleisenbesatz, Bruchstücke von Unioschalen, sonst nichts Bemerkenswertes.

2. Main, unterhalb der Kostheimer Zellulosefabrik.

Sichttiefe 48 cm.

a) Plankton: derselbe Befund wie in der Probe oberhalb Kostheim, ebensoviel Pilze u. a. Abfall, jedoch häufig Zellulosefasern.

b) Flußboden: Schlamm nur wenig vorhanden, dagegen häufig Holzabfall; der Dretschebeutel ist mit Pilzmassen verklebt, die meist in Zersetzung begriffen sind, jedoch finden sich auch noch weiße Flocken von ziemlich frischer Bildung; in diesen Pilzmassen kommen sehr viele Wasserasseln vor.

III. Stille Buchten bei Mainz.

Es kamen zur Untersuchung die gleich unterhalb der Mainmündung gelegene Casteler Lache sowie die auf der linken Rheinseite gelegenen Häfen, der Winterhafen und der Zollhafen. Der Gustavsburger Hafen und der Arm zwischen der Bleiaue und dem Leitwerk waren stark vom Strome überflutet und hatten deshalb den Teichseecharakter verloren.

1. Casteler Lache.

a) Plankton: Da das mit dem Main die Verbindung herstellende Schleusentor für die Flößerei geöffnet ist, strömt in die Casteler Lache Mainwasser. Das konzentrierte Plankton zeigt deshalb dieselben Eigenschaften wie das Mainplankton, erweist sich also gleichfalls als aus einem braunen Pilzbrei bestehend, welcher bei der mikroskopischen Untersuchung aber noch viel mehr Zellulosefasern zeigt, die nur mit den Abwässern der Kostheimer Fabrik zugeschwemmt sein können. Es finden sich ferner noch neben Eudorina Synura uvella, Arthrospira jenneri, Oscillatoria chalybea, Arcellen und Difflugien, Vorticellen- und Carchesiumköpfe, Rotifer vulgaris sowie abgestorbene Kieselalgen (Surirella biseriata, Synedra ulna, Nitzschia sigmoidea und nicht selten Navicula cuspidata, letztere auch noch vegetierend).

b) Bodengrund: Sand mit viel Sphaerotilusflocken und zahlreichen großen roten Chironomus-Larven; ein kurzer Dretschezug hinterläßt auf dem Siebe 27 dieser Larven.

2. Winterhafen:

Plankton: viel organischer Detritus, dazwischen gequollene Stärkekörner und Textilfasern; Sphaerotilus mehr einzeln, ebenso Zellulosefasern. Von Carchesium lachmanni kommen nur Stiele vor, dagegen lebende Vorticellen auf langen Stielen (Vorticella campanula). Euglena oxyuris, einzeln. Oscillatoria rubescens kommt neben Oscillatoria agardhi vor, sehr häufig ist Synura uvella, auch Diatomaceen wie Fragilaria crotonensis, Asterionella, Stephanodiscus astraea und Nitzschia sigmoidea, mehr einzeln Nitzschia linearis, Fragilaria capucina, Cymatopleura solea und elliptica, Melosira italica var. tenuis, Synedra longissima und delicatissima, Ketten von Diatoma elongatum, aber nur eine Kette von Tabellaria fenestrata, ferner noch Surirellen und

Naviculeen. Von Rotatorien sind nicht selten Synchaeta tremula und Anuraea cochlearis, mehr einzeln Brachionus angularis, Asplanchna priodonta und Actinurus neptunius, Rotatorieneier, namentlich von Anuraea cochlearis sind nicht selten; von Crustaceen ziemlich häufig Nauplien, von grünen Algen einzeln Scenedesmus quadricauda, Spirogyra- und Ulothrix-Fäden, schließlich Oscillatoria-Bruchstücke, braune Crenothrix-Scheiden, Kiefernpollen usw.

Am Anfang der Bucht, wo eine stärkere Mischung mit dem hohen Rheinwasser statthat, ist Synura uvella viel seltener.

3. Zollhafen oberhalb der Kaiserbrücke:

Sichttiefe im oberen Teile 70 cm, im unteren 62 cm.

Plankton: Es unterscheidet sich vom Rheinplankton bei Mainz durch eine größere Anreicherung von Fragilaria crotonensis, auch dadurch, gleichfalls vom Winterhafen, daß sich hier nicht selten Pediastren, namentlich Ped. boryanum, finden, sowie lebend Cyclops und seine Entwicklungszustände; von Protozoen kommt einzeln Stentor roeseli vor, von Rotatorien Rotifer vulgaris, Actinurus neptunius und Notholca striata, ferner einzelne Oligochaeten; von Diatomaceen Lysigonium varians, Nitzschia sigmoidia, Cymatopleura elliptica und Surirella splendida, schließlich noch Closterium acerosum.

Das Plankton des unteren Endes mit mehr Zuströmung von Rheinwasser zeigt weniger Crustaceen.

IV. Rhein am Zufluß der Abwässer der Stadt Mainz.

Alle Sielausflüsse stehen unter Wasser und lassen sich deshalb nur schwer untersuchen. Unterschiede in der Sichttiefe mit dem Rheinwasser, dort wo die Siele ausmünden, machen sich nirgends bemerkbar; die Sichttiefe beträgt jetzt auf der linken Stromseite bei Mainz gleichmäßig 64—65 cm, ist also im Verlaufe von 5 Stunden ein wenig höher geworden.

a) Plankton: Das Rheinplankton zeigt Mittags dieselbe Zusammensetzung wie am Morgen; unterhalb der Siele sind nur die Textilfasern häufiger, auch kommen Spiralgefäße u. a. Gewebselemente hinzu, sowie einzelne Stärkekörner, durch welche Abfälle Küchenabwässer angezeigt werden. Unterhalb des letzten Sieles, noch unterhalb des Zollhafens gelegen, finden sich Vorticellen, unter denen Vorticella convallaria bestimmt wurde. Durch Gallenfarbstoffe tingierte Muskelfasern werden in keiner Probe bemerkt.

b) Flußboden unterhalb der Siele: An verschiedenen Stellen werden mit vegetabilischem Abfall, Cladophora-Flocken und Fontinalis-Büscheln stets Flohkrebse, sowohl Gammarus pulex als auch Gammarus fluviatilis, gehoben, am letzten Siele auch häufig rote Chironomus-Larven sowie mazerierte Getreidekörner neben mehr vegetabilischem Abfall wie weiter oberhalb.

V. Salzbach und Rhein.

Am Dienstag, den 19. März beträgt die Sichttiefe des Rheins auf der rechten Flußseite oberhalb des Salzbachzuflusses nur 39 cm, auf der linken Seite dagegen 64 cm, wie am vorhergehenden Tage Mittags. Die stärkere Trübung auf der rechten Seite ist durch jetzt rotbraun fließendes Mainwasser bedingt.

Mainzer Pegel 9 Uhr 1,76.

Wassertemperatur 8,5° bei 12° der Luft.

Witterung: bewölkt und sehr starker Nordwestwind.

Der Salzbach führt in schneller Strömung (1 m Geschwindigkeit in der Sekunde) stark trübes Wasser mit sich. Die Steine des an der Mündung befestigten Ufers sind meist überschwemmt nach den starken Regengüssen der vergangenen Nacht; während bei den früheren Untersuchungen der Salzbach mit viel Fäkalien trieb, werden jetzt nur viele Papierfetzen bemerkt. Die Sichttiefe beträgt nur 15 cm.

a) Plankton: Sehr viel mineralischer Detritus, aber auch viel vegetabilischer verschiedenster Art, so ist parenchymatisches Gewebe sehr häufig, gleichfalls Spiralgefäße, Kartoffelepidermis, Kartoffel- u. a. Stärke, gequollene Stärke, alles wohl als Küchenabfall zu bezeichnen, ferner Zellulosefasern, meist zusammenhaftend als fein verteiltes Papier, viele Muskelfaserreste, gelb und braun tingiert, auch graue schon ausgelaugte, als Nahrungsschlacken, ebenso lange Muskelfasern mit deutlicher Querstreifung, als Abfall von frischem Fleisch, rote und blaue Textilfasern, auch Fasern weißer Wolle, Mucorhyphen, lebende Nematoden, einzelne Trichome von Phormidien, wenig Sphaerotilus; Vorticellen am Detritus haftend; von Organismen sonst nur Cryptomonas erosa.

b) Treibende Flocken verschiedener Art: Dieselben bestehen fast ausschließlich aus Papierfetzen, sowohl dünnem unbedruckten Papier als auch aus Zeitungsresten, daran haften Textilfasern, wenig Sphaerotilus und Schimmelpilze; hin und wieder treiben auch kleine Flocken von frisch gebildetem Sphaerotilus, keine Beggiatoen.

c) Rhein 30 m unterhalb des Salzbachzuflusses: Auch hier treiben viele Papierfetzen, wie im Salzbach gefunden, Sichttiefe 16.

50 m unterhalb: Sichttiefe 18, am Flußboden viel sandiger Schlamm, schwach stinkend; auf dem Siebe bleibt viel Papier zurück und allerlei Abfall, namentlich von Gemüsen; Vertreter der gröberen Fauna fehlen hier.

100 m unterhalb: Sichttiefe 20, am Flußboden Sand und Steine, von denen einige rot gefärbt sind, wohl durch Fabrikabwasser aus der Kalleschen Fabrik; auch hier ist der Sand etwas stinkend.

200 m unterhalb: Sichttiefe 25, derselbe Befund wie oberhalb, im Dretschebeutel mehr Sphaerotilus.

Nach Berichten sollen die Wiesbadener Abwässer nicht mehr in den Salzbach abgeleitet werden, sondern seit etwa 2 Monaten durch eine direkte eiserne Rohrleitung 80 m weit unter Wasser in die Flutrinne des Rheins geschickt werden. Es ist jedoch in der bezeichneten Entfernung vom Ufer nirgends eine neu auftretende Trübung zu bemerken, welches negative Resultat aber auch durch das Hochwasser und den hohen Wellengang bedingt sein mag.

An der Ladebrücke, der früheren Fähre für die Ezeliussche Badeanstalt, 350 m unterhalb des Salzbachausflusses gelegen, zeigt der Flußgrund nichts Bemerkenswertes von Verunreinigungen mehr, es tritt hier wieder tierisches Leben auf, besonders viele Asseln (Asellus aquaticus); etwas weiter unterhalb werden mehr Egel (Nephelis vulgaris) gehoben mit Schalen von Unio, auch stark rot gefärbtes Papier.

Das auf dieser Höhe, etwas mehr der Strommitte zu, gefischte Plankton ergibt folgende Resultate: Sehr viel organischer Detritus, ähnlich wie im Salzbach, zahlreiche gelb uud dunkler tingierte Muskelfaserreste, auch Stärkekörner, viel Sphaerotilus und Zellulosefasern, einzelne Beggiatoa-Vegetationen in vom Detritus strahlenförmig verlaufenden Fäden, ferner einzeln Nematoden und junge Oligochaeten sowie leblose junge Nauplien. Das Sediment des Plankton gibt mit Säure übergegossen eine schwache Reaktion auf Schwefelwasserstoff.

Flußboden oberhalb des Ochsenbachs: Mehr Schlamm wie oberhalb und grober Kies, im Dretschebeutel haften viele Sphaerotilusflocken, teils in Zersetzung, teils in frischer Bildung, gleichfalls zahlreiche Papierfetzen. Ein anderer Dretschezug fördert mehr Lebewesen herauf, besonders wieder Wasserasseln und Egel, sowie rote und helle Larven von Zuckmücken, an Schalen von Unio haften häufig Nepheliskokons; auch hier findet sich rot gefärbtes Papier recht häufig.

Die unterhalb des Salzbachzuflusses liegenden Ausläufe der Fabrik von Kalle & Co. stehen unter Wasser, bei den in die Flutrinne mündenden sind bei dem Hochwasser und Sturm Erhebungen nicht anzustellen. Daß stark rot gefärbtes Abwasser abfließt bezw, abgeflossen ist, beweisen die häufig aufgefundenen dunkelrot gefärbten Papierfetzen, welche der Salzbach in noch ungefärbtem Zustande dem Rhein zuführt, gleichfalls rot gefärbte Steine des Grundes.

VI. Ochsenbach.

Auch der Ochsenbach führt in schneller Strömung stark getrübtes Wasser, die Uferränder und Einflußmündungen sind überflutet, Pilzbesatz ist unter diesen Verhältnissen nicht aufzufinden.

Die Sichttiefe des Baches beträgt nur 10 cm, die des Rheines oberhalb des Zuflusses 31, unterhalb desselben 26.

Im Plankton des Ochsenbaches findet sich sehr viel mineralischer Detritus, wie er durch Regengüsse zugeschwemmt wird, neben organischem, darunter Spiralgefäße und dergleichen. auch Textilfasern u. a. häuslicher Abfall, von Organismen nur ganz einzeln Arcella vulgaris und leblose Nematoden, stellenweise haftet am Detritus Sphaerotilus.

Zusammenfassung der Resultate auf der Rheinstrecke von Mainz bis Schierstein.

Der Rhein ist im Gegensatz zur letzten im August 1906 erfolgten Befahrung als planktonarm zu bezeichnen. Den Hauptbestandteil des treibenden Materials bilden zerriebene Gesteinstrümmer und durch Regengüsse zugeschwemmte lehmige Bestandteile; das eigentliche Plankton wird nur durch Kieselalgen und zwei Formen von wasserblütebildenden Algen repräsentiert. Die Rotatorien sind im Gegensatz zu allen bisherigen Untersuchungen fast vollständig verschwunden, nur einzelne im Detritus lebende Arten treiben mit diesem den Fluß hinunter. Auch die Krustazeen sind selten, gleichfalls auffallend ist das fast völlige Fehlen von Grünalgen. Die Ursache, besonders was das Fehlen der letzteren betrifft, mag durch die kalte Jahreszeit bedingt sein,

die Armut an Zooplankton ist dagegen wohl auf das Hochwasser (steigendes „hohes Mittelwasser") zurückzuführen, welches die meisten stillen Buchten, Altrheine und dergl. bereits ausgespült hat. Durch die Hochwasserwelle sind aber viele Diatomaceen vom Grunde und besonders wohl vom Ufer aus Algen- und Moosbeständen, also mit Naht versehene Bodenformen, ausgespült. Es treiben dieselben mit den nahtlosen der freischwebenden Lebensweise angepaßten Formen zusammen den Fluß hinunter; da auch diese letzteren noch in ziemlicher Häufigkeit im Plankton zu finden sind, ist anzunehmen, daß sie aus den Schweizer Seebecken stammen und von hier aus bei noch nicht zu starkem Hochwasser weiter ergänzt werden. Das Gleiche wird der Fall sein bei den beiden Wasserblüte bildenden Algen Oscillatoria rubescens und Oscillatoria agardhi, welche erstere auf der Strecke Mainz bis Coblenz bisher nur vereinzelt gefunden wurde, um die Zeit der jetzigen Winteruntersuchung jedoch recht häufig. Unter den freischwebenden Formen ist das Fehlen der in den wärmeren Monaten stets häufigen Tabellaria fenestrata bemerkenswert.

Von saproben Protozoen werden im Strome treibend in den verschiedensten Präparaten keine Vertreter bemerkt; Fabrikabfälle, wie Zellulosefasern, ebenso wie die aus gelöster organischer Substanz gebildeten Umsetzungsprodukte, also die Wasserpilze, treiben noch häufig genug im Rheinwasser, das immer mehr durch Schneeschmelzwasser von den Höhen des Oberrheins, besonders aber durch Neckarwasser verdünnt wird; ihre Menge ist demnach eine verhältnismäßig große.

Der Main erweist sich bei der Montagsuntersuchung, also am Tage nach Stillstand der Fabriken, nur wenig gefärbt. Es können bei der mikroskopischen Untersuchung nur vereinzelte Farbschollen aufgefunden werden; dagegen ist die Menge der treibenden, teilweise schon zersetzten Wasserpilze eine derart große wie bei keiner früheren Untersuchung; es konnte kein ccm Mainwasser geschöpft werden, in welchem nicht einzelne Pilzfäden oder Flöckchen hätten aufgefunden werden können. Wahrscheinlich ist, daß die teilweise zersetzten Pilze aus den Abwässern der Aschaffenburger Zellulosefabriken stammen und bei wegen eintretenden Hochwassers teilweise gezogenen Nadelwehren weniger zum Sedimentieren kommen und demnach schneller den Fluß hinuntertreiben.

Die Abwässer der Stadt Mainz, deren Kanalisation allerdings noch nicht vollendet ist, machten sich auch diesmal nur sehr wenig geltend, sie werden fast unmittelbar unterhalb des Zulaufes in den Fluß von diesem verdaut.

Obgleich den Angaben nach die Abwässer der Stadt Wiesbaden nicht mehr in den Salzbach gelassen werden, scheint dies den Befunden nach dennoch der Fall zu sein, vielleicht auch nur teilweise. Es konnten der starken Strömung wegen nicht wie früher noch geformte Fäkalmassen bemerkt werden, dagegen spricht die Häufigkeit der im Plankton aufgefundenen durch Gallenfarbstoffe tingierten Muskelfaserreste, sowie auch Reste frischen Fleisches und viel Gemüse- u. a. Küchenabfall, gleichfalls auch die Unmassen von Papierfetzen verschiedener Art, für das Einlassen von Fäkalien und Küchenabwässern in den Salzbach. Freilich liegt auch die Möglichkeit vor, daß wohl noch an den Ufern und am Grunde des Salzbaches vorhandene Fäkalreste und

Papierfetzen durch das steigende Wasser und die dadurch bedingte stärkere Strömung den Bach hinunter gespült werden.

Ebensowenig wie bei den früheren Untersuchungen zeigen sich unterhalb des Salzbachzuflusses auf dem Rheingrunde die sonst gewohnten Befunde von Vertretern der gröberen Wasserfauna, die von organischen Resten leben; erst 350 m unterhalb treten wieder Crustaceen, Würmer und Insektenlarven auf. Die Schuld an dem Fehlen dieser Fauna ist aber nicht den Wiesbadener Abwässern zuzuschreiben, sondern sicherlich zum großen Teile den gleich unterhalb des Salzbaches an verschiedenen Stellen einmündenden Zuläufen aus der Kalleschen chemischen Fabrik, welche auch noch so viel Farbstoffe enthalten, daß nicht bloß die aus dem Salzbach dem Rhein zutreibenden Papierfetzen, sondern sogar die Steine des Flußgrundes rot gefärbt sind. Solche Feststellungen am Flußgrunde können auch bei dem statthabenden Hochwasser ermöglicht werden, während die feineren Differenzierungen am Uferbesatz bei der Beurteilung durch die Mikrofauna, wie sie bei der Augustbefahrung gemacht wurden, nicht auszuführen waren, sie sind eben verwischt.

Die stillen Buchten bei Mainz zeigen wie bei den vorhergegangenen Untersuchungen auch bei der kalten Jahreszeit eine Anreicherung von flottierenden Organismen, namentlich von Kieselalgen, aber auch Rotatorien und Crustaceen finden sich in ihnen nicht selten im Gegensatz zum strömenden Rhein. Die Casteler Lache weist wie auch früher eine geringe Verunreinigung auf, wohl durch Zuflüsse aus dem Orte Kostheim bedingt.

VII. Rheinprofil Niederwalluf-Budenheim.

Wassertemperatur mittags $2^1/_2$ Uhr 6,0° bei 10,1° der Luft.

A. Linke Flußseite bei Budenheim:

Sichttiefe (soweit die Bestimmung bei den durch Sturm gepeitschten Wellen vom Boote aus möglich ist) 60 cm.

a) Plankton: Sehr viel mineralischer und organischer Detritus, etwas gröberer Detritus mit Sphaerotilus-Besatz, Zellulosefasern nur ganz einzeln; außer einigen Glochidien nichts Bemerkenswertes.

b) Flußboden: Grober Sand mit einigen Fontinalis-Büscheln.

B. Strommitte.

a) Plankton: Sehr viel mineralischer und organischer Detritus; die limnetischen Diatomaceenformen nehmen stark ab, wenig Sphaerotilus, etwas mehr Zellulosefasern wie auf der linken Seite, von Tieren nur Arcella vulgaris, Centropyxis aculeata und Actinurus neptunius, leblose Synura uvella und ganz einzeln Ceratium hirundinella, ferner einzeln Gemmulae von Spongillen.

b) Flußboden: Viel grober Sand, abiotisch.

C. Rechte Flußseite bei Niederwalluf, Sichttiefe 34. Farbe des Wassers braunrot, noch stark durch Mainwasser beeinflußt.

a) Plankton: Sehr viel Sphaerotilus-Flocken, auch Zellulosefasern häufig. Die Pilzflocken bilden wie im Main den Hauptbestandteil des Planktons, daneben einzelne Beggiatoa-Vegetationen und gelbe Muskelfasern (Erscheinungen durch das Wiesbadener

Abwasser bedingt). Außer ganz vereinzelter Navicula cuspidata und Nitzschia sigmoidea keine lebenden Organismen!

b) Flußboden: Grober Kies ohne Besatz, doch mit schleimigem Abfall, welcher sich bei der mikroskopischen Untersuchung als in Zersetzung befindlicher Sphaerotilus erweist, dazwischen Textil- und Zellulosefasern, sowie Grunddiatomaceen (Cymatopleura solea, Nitzschien usw.).

c) Ufersteine: Ohne Besatz.

d) Pontonbesatz in der Spritzzone: Graue schleimige Massen, auch aus Sphaerotilus bestehend, teils in frischem Zustande, teils faulend, dazwischen große Kolonien von Carchesium lachmanni und viele Diatomaceen wie Gomphonemen auf Gallerstielen, meist Gomphonema olivaceum, Nitzschia linearis und palea mit var. debilis, Synedra ulna mit var. splendens, Fragilaria construens var. venter u. a.; von Fadenalgen Stigeoclonium tenue und Ulothrix zonata. An den tieferen Teilen der Pontons ist kein Besatz vorhanden, da der Eisgang des Winters ihn beseitigt hat.

VIII. Rheinprofil Hattenheim-Selz-Oestrich-Winkel.

Mittwoch, den 20. März.

Wassertemperatur 7,2° bei 6,5° der Luft (Schnee auf den Rheinbergen), sehr starker Nordwind; der Rhein ist $^1/_2$ m weiter gestiegen.

1. Hattenheim.

a) Plankton: Sehr viel mineralischer Detritus, welcher beim Übergießen mit Säure verhältnismäßig weniger Kohlensäure entwickelt als früher; die Menge des organischen Detritus hat bei dem stets weiter steigenden Rhein zugenommen, ganz besonders der gröbere vegetabilische Abfall, auch Textilfasern, Koniferenpollen, und besonders Gerüstnadeln von Süßwasserschwämmen finden sich häufiger. Sphaerotilus treibt hier auf der rechten Flußseite noch in größeren Flocken, meist in Zersetzung und mit viel anhaftendem organischen Detritus; rote Farbschollen sind nicht selten, Zellulosefasern mehr einzeln; freischwebende Kieselalgen vereinzelt, häufiger die Bodenformen wie Synedra ulna, Cymatopleura solea, Nitzschia sigmoidea und linearis, Navicula viridis und cryptocephala einzeln, ferner Arcellen und Difflugien, unter letzteren besonders globulosa; von Rotatorien nur Rotifer vulgaris, sonst noch Cryptomonas erosa. Im Sediment einer größeren Menge nachträglich gefischten Planktons finden sich dicke Massen Sphaerotilus natans, einzeln auch von dichotomus, dazwischen, besonders in den in Zersetzung befindlichen Teilen, einzeln saprobe Protozoen wie kleine Monaden (Gattungen Monas und Bodo), Carchesium lachmanni, Euplotes, Stylonichia mytilus, Trachelophyllum lamella, Lionotus fasciola u. a., ferner gelb tingierte Muskelfasern.

b) Flußboden: Nur Kies, abiotisch.

c) Besatz mittels des Pfahlkratzers nirgends zu finden, weil die Steine des Ufers bis hoch hinauf überflutet und besonders weil die unteren Uferteile von voraufgegangenem Eisgang abgeschabt sind.

Die Farbe des Wassers ist auf der rechten Flußseite wieder braunrötlich, Sichttiefe 23 (tags vorher 34).

Auch in der Flutrinne der Insel zu macht sich das Mainwasser durch die rotbraune Farbe noch stark geltend; das Plankton unterscheidet sich hier nicht wesentlich von dem der Uferseite, nur daß hier mehr Naviculeen sich finden und zwar in lebhafter Eigenbewegung, auch mehr Schalen der verschiedenen Bodenformen, ferner noch lebende Nematoden und Beggiatoa-Vegetationen.

In der Strommitte ähnliche Befunde, gleichfalls Beggiatoa-Vegetationen von größerem Umfange, die stark mit Schwefel angereichert sind, auch einzelne Beggiatoa-Fäden sind nicht selten; der organische Abfall verschiedenster Art wird immer häufiger, so Daphnidenpanzer, Insektenhäute, tierische und pflanzliche Haare, Zellulose- und Textilfasern, organische undefinierbare Häute, Moosfragmente, Oscillatorienbruchstücke, einzelne Fäden von Cladophora und Ulothrix, zersetzte Closterien, Spiralgefäße u. a. Gewebselemente. Von Diatomeen überwiegen die Bodenformen bedeutend, besonders ist Cymatopleura solea häufig, von Asterionella wird nur ein Stern gefunden, von Fragilaria crotonensis nur ein kleines Band, die schlanken Synedren nur abgestorben. Kleine farblose Monaden finden sich überall im Detritus, auch Cryptomonas erosa.

Der Flußboden zeigt in der Ufernähe Kies mit anhaftendem schleimigen Abfall und Sphaerotilus; in der Strommitte ist dieser Abfall noch häufiger, dazwischen kommt Gammarus pulex vor, auch einige Nephelis vulgaris; bei der mikroskopischen Besichtigung finden sich wieder Beggiatoa-Vegetationen und zwar recht häufig.

2. Linke Flußseite bei Freiweinheim: Farbe des Rheinwassers weißlich grau. Sichttiefe 25 cm.

a) Plankton: Es besteht zum größten Teile aus mineralischem Detritus, organischer Detritus ist auf der linken Seite viel weniger häufig, doch kommen auch hier nicht selten Fontinalis-Fragmente, Holzteilchen, in Zersetzung befindliche Fadenalgen und Schalen von Grunddiatomeen vor; von lebenden Organismen wird nur gefunden Arcella vulgaris, ein Trichom von Oscillatoria rubescens, einige kurze Bänder von Fragilaria crotonensis, dagegen etwas mehr Nitzschia sigmoidea besetzt mit Cocconeis pediculus, Nitzschia linearis, Surirella biseriata und ein lebloses Ceratium hirundinella. Sphaerotilus ist ganz einzeln im mikroskopischen Bilde, Beggiatoen werden hier gar nicht gefunden, von Protozoen nur ein Individuum von Stentor roeseli.

b) Flußboden: Viel Sand, nach dem Absieben abiotischer feinerer Kies ohne Sphaerotilus-Flocken, letztere sind auch in weiteren Dretschezügen nicht aufzufinden.

c) Uferbesatz kann bei dem hohen Wasserstande und dem hohen Wellengange nirgends gewonnen werden.

Ebenso ist die Untersuchung der Selzmündung wegen starker Überflutung nicht durchzuführen.

3. Oestrich, Chemische Fabrik von Goldenberg, Geromont & Co.

Nach Angabe fließt das Abwasser dieser Fabrik nicht mehr direkt am Ufer aus, sondern wie im ersten Bericht schon bemerkt, jetzt durch ein Rohr unter Wasser unweit des Ufers.

Ein Dretschezug unterhalb des Abwasserauslaufes ergibt keine bemerkenswerten Resultate; die Befunde gleichen denen oberhalb an der rechten Flußseite: Sphaerotilus, rot gefärbte Partikel usw.

IX. Rheinprofil bei Rüdesheim und Bingen.

1. Rhein oberhalb des Rüdesheimer Hafens:

Farbe rötlich braun wie bisher auf der rechten Flußseite, Sichttiefe 25.

a) Plankton: Dasselbe weist nur insofern einen Unterschied mit dem weiter oberhalb gefischten auf, als die Beggiatoa-Vegetationen abgenommen haben und in den aufgefundenen Fäden eine geringere Aufspeicherung von Schwefel statthat.

b) Rheinwasser in einem genau 1 ccm Wasser enthaltenden Behälter[1]) aus dem Strome $^1/_3$ m unter der Oberfläche geschöpft: Ganz überwiegend mineralischer Detritus, sowohl amorphe Massen als auch kleine Flitter, ferner zwei kleine rote Farbschollen, 1 Cryptomonas erosa, 3 Nitzschia palea, 2 Nitzschia linearis lebend, abgestorben 1 Navicula cryptocephala, 1 Stephanodiscus astraea. In einem anderen ccm Rheinwasser wurden 2 Nitzschia linearis, 1 Nitzschia palea, 1 Navicula cryptocephala gezählt sowie abgestorben 1 Nitzschia sigmoidea apiculata, 2 Synedra ulna splendens und ein ganz kleines Sphaerotilus-Flöckchen, ferner 2 rote Farbhäutchen, 2 zersetzte Moosfragmente und zwei etwas größere Partikel von organischem Abfall. Eine dritte Probe hatte ein ähnliches Ergebnis, gleichfalls mit 4 lebenden Diatomaceen.

2. Rüdesheimer Hafen:

Sichttiefe mehr dem Rheine zu 43, gleichfalls in der hinteren Bucht 56.

a) Plankton im vorderen Teile: Mineralischer und organischer Detritus häufig, ganz einzeln eine gelbe Muskelfaser, zersetzter Pollen, Zellulose- und Textilfasern besonders von weißer Wolle; nicht selten ist Synura uvella, gleichfalls Fragilaria crotonensis, ferner Lysigonium varians, Nitzschia sigmoidea, palea und linearis, Cymatopleura solea, Surirella biseriata, Arcella vulgaris, Actinosphaerium eichhorni, von Rotatorien Brachionus angularis mit Eiern, Notholca labis, Colurus bicuspidatus, Actinurus neptunius ziemlich leblos, ferner Nematoden und einige größere Sphaerotilusflocken.

In dem im hinteren Teile der Bucht gefischten Plankton ist der Detritus nur gering, es kommen hier mehr Cyclopshäute, Abdomen von Bosminen u. a. animalischer Detritus vor, Sphaerotilus natans und dichotomus einzeln, ferner neben Synura uvella und Fragilaria crotonensis auch Eudorina, Cryptomonas erosa, Oscillatoria agardhi, Surirella splendida und biseriata, mehr einzeln Nitzschia linearis und sigmoidea, letztere mit Cocconeis, Cymatopleura elliptica, Stephanodiscus astraea und auffallenderweise ganz einzeln Asterionella gracillima; Lysigonium varians ist hier abgestorben, gleichfalls in Zersetzung Ulothrix zonata; von Rotatorien Brachionus angularis, Notholca labis, Rotifer vulgaris und tardus und Ploesoma truncatum, keine Asplanchna, ferner noch Nauplien, einzeln Nematoden und junge Oligochaeten.

b) Am Grunde findet sich modrig riechender schwarzer Schlamm, der abgesiebt viele faulende Blätter hinterläßt, sowie sehr viele Tubificiden, auch einige Dreissensia-Schalen; mikroskopisch ist zersetzer Sphaerotilus nachzuweisen sowie viele Diatomaceenschalen.

---

[1]) Vergl. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung 1907, Heft 9 Seite 122–126.

3. Binger Hafen.

Sichttiefe 67.

a) Plankton: Wenig Detritus, kein Sphaerotilus, Synura uvella nicht selten, dagegen viel Fragilaria crotonensis, ebenso Asterionella gracillima in vier- und achtstrahligen Sternen, von Tabellaria nur eine Kette gefunden; Stephanodiscus astraea einzeln, ebenso Cyclotella comta, Nitzschia sigmoidea, Fragilaria capucina, Surirella splendida und biseriata, Synedra longissima und ulna, Melosira italica, Nitzschia linearis, Stauroneis phoenicenteron u. a., ferner Lyngbya limnetica, Oscillatoria rubescens, Staurastrum gracile lebend und abgestorben, Pediastrum boryanum, Fäden von Ulothrix variabilis und Oscillatoria limosa; Arcella vulgaris, Cyphoderia ampulla, Difflugia hydrostatica, Brachionus angularis, Chydorus sp., Nauplien nicht selten, Nematoden einzeln, Chaetogaster sp., Chironomideneier, junge Chironomidenlarven, Spiculae und verblaßte Chantransia.

b) Vom Grunde wird etwas modrig riechender Schlamm gehoben mit faulenden Blättern und anderem Abfall, dazwischen rote Chironomus-Larven und Lithoglyphus naticoides.

Zusammenfassung der Resultate auf der Rheinstrecke Niederwalluf bis Rüdesheim.

Nachdem der Rhein vom 19. zum 20. März um $^1/_2$ m gestiegen ist und immer weiter steigt, verschwinden im Rheinwasser durch die starke Verdünnung mit Regen- und Schneeschmelzwasser immer mehr die eigentlichen Planktonformen, von denen vom Beginn der Untersuchung an nur das Phytoplankton in Betracht kommt. Am 20. März mittags gelangen bei der Durchmusterung der Präparate von größeren Mengen frisch gesammelten Planktons ganz einzeln noch ein Fragilaria-Band oder ein Asterionella-Stern zur Beobachtung. Dagegen vermehrt sich zusehends der feine mineralische Detritus, welcher aus den Nebenflüssen und kleinen Bächen von den Höhen herab in den Rhein geschwemmt wird und mehr lehmige und tonige Bestandteile enthält im Gegensatz zu dem feinen sehr viel erdige Karbonate enthaltenden typischen mineralischen Rheindetritus. Ebenso hat sich der organische undefinierbare Detritus vermehrt, namentlich auf der rechten Seite, sowie der gröbere vom Boden gerissene pflanzliche Abfall, der zusammen mit älteren Pilzflocken meist schon in Zersetzung übergegangen ist und sich durch mesosaprobe Organismen charakterisiert. Durch die starke Wasserführung sind vom Flußgrunde, auch aus unter Wasser befindlichen Uferbuchten, sowie aus den von den Höhen kommenden Nebenflüssen des Rheins Bodenformen von Diatomaceen in größeren Mengen in das treibende Wasser geraten, als es bei früheren Untersuchungen der Fall war, zugleich viele leere Schalen dieser Algen (Kieselskelette), ebenso zahlreiche Nadeln von Süßwasserschwämmen sowie deren Gemmulae, Glochidien von Flußmuscheln und dergl.

Daß die Menge der vom Rheinstrome mitgeführten Grundformen der Diatomeen keine geringe ist, beweist die Zählung im direkt vom Boote aus in ungefähr $^1/_4$ m Tiefe geschöpften Rheinwasser. Wenn in 1 ccm dieser Proben durchschnittlich vier lebende Kieselalgen vorhanden sind, würde diese Zählung für 1 cbm 4 Millionen solcher

Bodenformen ergeben; bei der Selbstreinigung des Flusses ersetzen dieselben die durch Regen- und Schneeschmelzwasser verdrängten Schwebeformen dieser Algenarten.

Im Gegensatze zu den früheren Untersuchungen ist auf der rechten Uferstrecke das Fehlen der damals so häufigen beiden Diatomaceen Nitzschia acicularis und Stephanodiscus hantzschi zu bemerken.

Trotz des Hochwasserstromes und des sturmartigen Windes findet auf der Rheinstrecke Mainz bis Rüdesheim nur eine geringe Mischung des rechtsrheinisch zugeflossenen verunreinigten Wassers mit dem verhältnismäßig reinen auf der linken Flußseite statt. Die Unmassen von aus dem Main zugetriebenen Pilzflocken halten sich ebenso wie die roten Farbstoffe des Mains, welche durch die Kalleschen Abwässer noch vermehrt werden, auf der genannten Rheinstrecke lediglich an der rechten Seite. Hier machen sich besonders durch die Wiesbadener Abwässer hervorgerufene Beggiatoa-Vegetationen bemerkbar, welche durch Schwefelwasserstoff frisch ernährt erscheinen, gleichfalls Fäkalien anzeigende durch Gallenfarbstoffe tingierte Muskelfaserreste.

Bei dem Hochwasser und besonders auch wohl bei der kälteren Jahreszeit treten ferner auf der rechten Flußseite sowie auch nach der Strommitte zu zwischen dem Detritus häufig Monaden auf, welche als Bakterienfresser eine stärkere Anreicherung mit Mikrobien anzeigen. Solche Formen sind während der wärmeren Jahreszeit im Rhein nach Mischung mit schlechten organischen Abwässern nicht bemerkt worden, wenigstens nicht in in Betracht kommenden Mengen. Die linke Rheinseite hat sich dagegen fast frei von saproben Organismen gehalten entsprechend den Befunden der früheren Untersuchungen.

Was die stillen Buchten bei Rüdesheim und Bingen betrifft, so findet auch hier wieder eine starke Anreicherung von Diatomaceen statt, während die Rotatorien im Gegensatz zur wärmeren Jahreszeit stark zurücktreten, ebenso die Volvocineen und Protococcoideen; Synura uvella bleibt dagegen ebenso wie in den Mainzer stillen Buchten und auch in solchen an anderen Orten Deutschlands während des Winters ziemlich häufig.

X. Nahe.

Farbe: schwach bräunlich trübe.

Geruch: normal.

Sichttiefe: vorn 26, im stillen Wasser 28.

Reaktion: nach 30 Minuten noch neutral, mit Säure weder Entwickelung von Kohlensäure noch Färbung von Bleipapier.

a) Plankton: Viel mineralischer und besonders viel organischer, meist undefinierbarer Detritus, ferner viel pflanzliche und tierische Haare, scheinbar aus Gerbereien herrührend, ebenso Holz- und Rindenpartikel, auch pflanzliche Epidermis und Spiralgefäße, ferner häufig Textilfasern, Moosfragmente, viele abgestorbene Bodenformen von Kieselalgen usw.; lebende Kieselalgen sind nur einzeln, so Nitzschia sigmoidea, Cymatopleura elliptica und Lysigonium varians. Sphaerotilus ist nur im mikroskopischen Bilde aufzufinden; von Protozoen Aspidisca lynceus und Vorticella campa-

nula, sonst noch Nematoden, Chironomideneier und junge Chironomidenlarven; einzelne Fäden von Stigeoclonium und Ulothrix, von Cladophora meist abgestorbene.

b) Flußboden: Meist größere Steine, nur wenig Schlamm mit Blättern u. a. Abfall.

XI. Rheinprofil Assmannshausen.

Donnerstag, den 21. März.

Wassertemperatur vorm. $8\frac{1}{2}$ Uhr 5,3° bei 4,0° der Luft.

Witterung: Regen.

A. Linke Flußseite.

Sichttiefe 17 cm.

a) Plankton: Viel mineralischer und organischer Detritus wie in der Nahe, auch viele pflanzliche Haare, Rinden- und Holzpartikel, parenchymatisches Gewebe usw. Sphaerotilus dichotomus, Carchesium-Stiele, Spirostomum ambiguum, einzelne gestielte Vorticellen, Nematoden, Spongillengerüstteilchen und einzelne Nadeln, Ulothrix-Fäden, Moosfragmente, Surirellen-Schalen und solche von Cymatopleura elliptica; von lebenden Diatomaceen nur Nitzschia sigmoidea.

b) Flußboden: Nur etwas Abfall, im Dretschebeutel ganz einzeln Sphaerotilus-Flöckchen.

B. Rechte Flußseite:

Sichttiefe 15 cm.

a) Plankton: sehr viel mineralischer Detritus auch reichlich organischer, Sphaerotilus natans und dichotomus sind nicht selten, ebenso Gerüstnadeln von Schwämmen; Zellulosefasern finden sich treibend jetzt nur wenige. Schwebeformen der Kieselalgen scheinen jetzt ganz zu fehlen, Bodenformen derselben sind in viel geringerer Zahl vorhanden als tags vorher, so einzeln Nitzschia sigmoidea und linearis, Synedra ulna, Cymatopleura elliptica, Surirella splendida sowie ganz vereinzelt Coscinodiscus lacustris; ferner Bruchstücke von Synedra ulna nicht selten, Arcella-Bruchstücke, Alona-Panzer, abgestorbener Macrobiotus, einzelne Fäden von Stigeoclonium und Oscillariaceen, auch graugelbliche in Zersetzung befindliche Muskelfaserreste kommen hier noch vor, dagegen sind Beggiatoa-Vegetationen nicht mehr aufzufinden.

In mehreren 1 ccm-Proben geschöpften Rheinwassers ist neben viel Detritus nur je ein Bruchstück von Synedra ulna aufzufinden.

b) Flußboden: Bei der starken Strömung, fast 3 m in der Sekunde, gelangt die Dretsche trotz starker Beschwerung kaum auf den Boden; nach mehrmaligen Versuchen wird sehr viel grober Abfall wie Stroh, Blattreste und Stengelteile, Haare, Papierfetzen u. dergl. gehoben, auch einige Hydropsyche-Larven sowie ein Fischei; im Beutel haften größere in Zersetzung befindliche Sphaerotilus-Flocken, bei der mikroskopischen Untersuchung zeigen sich zwischen diesen Flocken viel Zellulosefasern und einzelne Textilfasern sowie Colpidium colpoda.

Die Versuche an verschiedenen Pontons und Landungsbrücken, wie auch an solchen bei Bacharach, Belag mit dem Pfahlkratzer zu erhalten, bleiben ergebnislos, da ein dreimaliger Eisgang, besonders wohl der stärkere vom Januar, den dort gebildeten Besatz weggeschabt hat.

Der Rhein steigt noch andauernd: Binger Pegel am 20. März 3,50, Cauber Pegel am 21. März 4,58; auch die Sichttiefe ist andauernd geringer geworden durch den vielen in den Rhein geschwemmten Lehm, feinen Sand und organischen Abfall. Das während der Fahrt in der Strommitte mit einem langen und schmalen Planktonnetz gefischte und in ein großes Spitzglas gebrachte Plankton sedimentiert sehr schnell, der Bodensatz besteht zum größten Teile aus Sand.

XII. Rheinprofil St. Goar-St. Goarshausen.

A. Linke Flußseite, St. Goar:

Sichttiefe 15 cm.

a) Plankton: Detritus wie früher, aber auch hier noch viel pflanzliche Haare, Holz- und Rindenpartikel u. a. Abfall wie in der Nahe gefunden, ferner Sphaerotilus natans und dichotomus, viele Diatomaceenschalen besonders von Synedra ulna, Cymatopleura elliptica, Pleurosigma attenuatum, Nitzschia sigmoidea usw., lebende Kieselalgen ganz selten, vereinzelte kurze Fragilaria-Bänder, sonst noch junge Arcellen, Coleps hirtus, junge Chironomiden-Larven, Epistylis-Stiele, Fäden von Stigeoclonium und verblaßte von Chantransia. Im Sediment finden sich größere zersetzte Sphaerotilusflocken, auch Stroh-, Stengel- und Blattreste, mikroskopisch: Rotifer vulgaris, kleine Kolonien von Lamprocystis roseo-persicina, zersetzte Cladophora- und Stigeoclonium-Fäden, Häute von Ephemeriden sowie einzelne Zellulosefasern.

b) Flußboden: Mehrere größere Schlackenstücke, darin häufig Hydropsyche-Larven, mehr einzeln solche von Leptocerus aterrimus und Nymphengehäuse von Oxyethira; auf anderen Schlackenstücken finden sich neben Hydropsyche-Larven Gammarus pulex und Asellus aquaticus, auf kleineren mehr Chironomidenlarven, auch solche in starren Röhren, ferner Perlidenlarven; Hydropsyche ist aber am häufigsten, in einem Schlackestück werden 29 Larven dieser Gattung gezählt, auch im Dretschebeutel sind sie zahlreich vorhanden neben Gammarus pulex, Asellus aquaticus, größeren roten Chironomus-Larven und Ancylus fluviatilis; mikroskopisch zwischen altem Sphaerotilus häufig Lysigonium varians u. a. Diatomaceen.

c) Pontonbesatz ist bei St. Goar in Form von Fontinalis und etwas Cladophora noch aufzufinden, da das Eis mehr nach der rechten Rheinseite getrieben hat; dazwischen finden sich größere Kolonien von Carchesium lachmanni und Epistylis umbellaria, in alten Sphaerotilus-Flocken leben massenhaft 3—12 mm lange Chironomidenlarven, ältere und jüngere Perlidenlarven, junge Tubificiden; im Besatz kommen umfangreiche Eisenhydroxydablagerungen vor.

B. Auf der rechten Flußseite bei St. Goarshausen ist dagegen kein Besatz zu finden wegen des hier vorbeigetriebenen Eises, ebenso bleiben die Bodenfänge resultatlos, da der reißende Strom die Dretsche trotz starker Beschwerung nicht zum Grunde kommen läßt; im Dretschebeutel finden sich aber wieder aus dem Strome abfiltriert viele Abfälle pflanzlicher Natur, dazwischen Larven von Chironomiden.

Die Sichttiefe beträgt 16 cm.

Das Plankton besteht zum größten Teile aus Sand, der sich schnell zu Boden setzt, im mikroskopischen Bilde finden sich kleine Sphaerotilus-Flocken, Schalen von

Synedra ulna und Nitzschia sigmoidea, 2 kurze Bänder von Fragilaria crotonensis, einzeln Difflugia pyriformis, Carchesium-Stiele und Stigeoclonium-Fäden, Zellulosefasern nur einzeln. Im sedimentierten Sand ist nur einzeln Surirella ovalis var. ovata, Nitzschia linearis und palea sowie Schalen von Surirella biseriata aufzufinden, in 1 ccm geschöpften Rheinwassers eine Nitzschia linearis.

XIII. Lahn.

Sichttiefe 18 cm.

Wassertemperatur 4 Uhr Nachm. 5° bei 7,3° der Luft.

Reaktion: neutral, auch nach 10 Minuten, mit Säure weder Aufbrausen noch Färbung des Bleipapiers.

a) Plankton: Meist mineralischer Detritus, weniger organischer mit einzelnen Zellulosefasern, Holzfasern, Spiralgefäßen, parenchymatischem Gewebe und Chantransia-Fragmenten; Spongillen-Nadeln nicht selten sowie Bodenformen von Diatomaceen, besonders von Surirellen und Synedra ulna, von lebenden nur zwei Individuen der letzten Art aufgefunden, ferner eine Hydatina senta und einige gestielte Vorticellen; kein Sphaerotilus.

b) Flußboden: Größere Steine ohne Besatz, grober pflanzlicher Abfall ähnlich wie im Rhein doch ohne Sphaerotilus, keine Vertreter der gröberen Fauna.

XIV. Stiller Rheinarm bei Oberwerth.

Den 22. März.

a) Plankton in der Mitte des Arms: (Die Bucht ist beim Steigen des Wassers durch die Schleuse geschlossen worden). Nicht viel mineralischer und organischer Detritus, darin Textilfasern nicht selten, Oscillatoria agardhi nicht selten (Oscillatoria rubescens ist hier nicht aufzufinden), Oscillatorien- und Phormidienbruchstücke einzeln, Dinobryon cylindricum var. schauinslandi, Dinobryon cylindricum var. divergens, beide einzeln, Ceratium hirundinella, Eudorina elegans, Pediastrum boryanum var. brevicorne, Staurastrum gracile, Closterium acerosum, alle einzeln, Fragilaria crotonensis häufig, Fragilaria capucina einzeln, Frag. construens var. venter einzeln. Asterionella gracillima nicht selten, Synedra ulna var. longissima, Syn. delicatissima var. angustissima, Melosira italica var. tenuis, Melosira islandica var. helvetica, Melosira arenaria, Lysigonium varians, alle mehr einzeln, Stephanodiscus astraea nicht selten, Diatoma elongatum forma tenue, Diatoma vulgare und var. tenue, Synedra ulna und var. splendens, Tabellaria fenestrata forma asterionelloides, Microneis minutissima, Meridion circulare, Ceratoneis arcus, Cocconeis placentula, Navicula cuspidata, Navicula viridula, Navicula radiosa, Navicula gracilis, Navicula cryptocephala, Navicula rhynchocephala, Navicula amphisbaena, Pleurosigma attenuatum, Gomphonema angustatum, Gomphonema olivaceum, Rhoicosphenia curvata, Cymbella lanceolatum, Amphora ovalis, Encyonema ventricosum, Encyonema ventricosum var. minuta, Nitzschia sigmoidea, Nitzschia vermicularis, Nitzschia palea, Nitzschia linearis und var. tenuis, Hantzschia amphioxys, Cymatopleura solea und var. apiculata, Cymatopleura elliptica, Frustulia vulgaris, Surirella biseriata, Surirella splendida, Surirella ovalis var. minuta, alle mehr oder

weniger einzeln, auch Schalen von Surirellen, Gomphonemen, Cymbellen, Nitzschia usw. Vertreter der Mikrofauna sind auch in dieser Bucht, ebenso wie in den meisten oberhalb gelegenen Buchten selten; es finden sich nur Arcella vulgaris, Anuraea cochlearis und Synchaeta tremula, einzeln Notholca striata und Rotifer vulgaris, ganz einzeln Nauplien, nicht häufig junge Chironomidenlarven.

Im Plankton der hinteren Bucht kommen noch hinzu: Synura uvella, Ulothrix-Fäden und Actinurus neptunius sowie mehr Rotifer vulgaris, ferner als Zeichen einer statthabenden geringen Verunreinigung: Coleps hirtus, Stentor roeseli, Vorticellen und Nematoden.

b) In mehreren Dretschezügen wird viel grauschwarzer, feiner Schlick heraufbefördert, da seit Jahresfrist hier nicht gebaggert wurde; derselbe ist von modrigem Geruche und braust mit Säure stark auf ohne merkliche Schwefelwasserstoffentwicklung. Nach dem Absieben bleiben viele zersetzte schwarze Blätter zurück, dazwischen viele Tubificiden und einige rote Chironomus-Larven.

XV. Rhein bei Coblenz.

Freitag, den 22. März.

Wassertemperatur 8³/₄ Uhr Vorm. 5,3° bei 5,0° der Luft.

Sichttiefe 16.

Coblenzer Pegel = 4,98.

Derselbe am 23. März 5,45.

(Derselbe bei der Augustuntersuchung 1906 = 2,12).

a) Plankton: Zum größten Teile aus mineralischem Detritus bestehend mit meist undefinierbarem organischen; es sedimentieren sehr schnell größere Mengen feinen Sandes. Im übrigen kommen im Fange neben einem Band von Fragilaria capucina nur Schalen von Bodenformen der Kieselalgen vor, besonders von Nitzschia sigmoidea; ferner einige Achlyahyphen und Mycel von Schimmelpilzen.

b) Pontonbesatz: Zum weitaus größten Teile bestehend aus Ulothrix variabilis Kütz., welche Alge bei den früheren Untersuchungen noch nicht festgestellt wurde, dazwischen einzelne Fäden von Ulothrix zonata und Oscillatoria sowie Cladophora in Zersetzung; von Diatomaceen die mehrfach bestimmten potamophilen Arten ohne bemerkenswertes Hervortreten von saproben Formen. Überall im Besatz finden sich meist 7 mm lange Chironomiden-Larven. An den übrigen Pontons findet sich ähnlicher Besatz mit mehr Diatoma vulgare.

c) Pontonbesatz auf der rechten Rheinseite bei Ehrenbreitenstein: Auch hier vorwiegend Ulothrix variabilis mit meist abgestorbener Ulothrix zonata, zersetzten Spirogyren und einzelnen Trichomen von Oscillatoria tenuis, unter den Kieselalgen sind hier am häufigsten Rhoicosphenia curvata und Surirella ovalis var. minuta; sonst noch einzeln Rotifer vulgaris.

XVI. Mosel.

Wassertemperatur am 22. Mittags 6,0° bei 8,3° der Luft.

Sichttiefe 26.

Reaktion des Wassers neutral, erst nach ¹/₄ Stunde ganz schwach alkalisch.

a) Plankton: Das Sediment gibt mit Säure nur ganz schwache Entwickelung von Kohlensäure, keine Reaktion auf Bleipapier: dagegen wird die saure Lösung deutlich gelb und zeigt starke Eisenreaktion, enthält also viel mehr Eisenverbindungen als das Rheinplankton. Es ist sowohl viel mineralischer als auch viel organischer Detritus vorhanden, darunter viel Kohlepartikel, Textilfasern, pflanzliche Haare, Moosfragmente, Spiralgefäße, Holzfasern, Crenothrix-Scheiden, braun gewordene Mucorhyphen, zersetzte Ulothrix, Stiele von Carchesium lachmanni und sehr viele Spongillennadeln; von Diatomaceen meist abgestorbene Bodenformen, vorwiegend Synedra ulna und Nitzschia sigmoidea, auch Surirellen und Pleurosigma attenuatum; lebend nur die beiden erstgenannten Arten; am Detritus haften einzelne Sphaerotilus-Fäden, Flocken dieses Pilzes sind nicht zu bemerken; im organischen Detritus finden sich auch einzelne Vorticellen, sonst nur noch Arcella vulgaris und leblose Nauplien, ferner Sporen von Vaucheria auswachsend.

b) Flußboden in der Mitte unterhalb der Brücke: Steine ohne Besatz, bei dem statthabenden Moselhochwasser wird ebenso wie im Rhein bei den Dretschezügen viel pflanzlicher Abfall gehoben, gleichfalls treibt solcher auf der Oberfläche; treibende Sphaerotilus-Flocken, wie sie im Rhein nicht selten sind, werden in der Mosel nicht aufgefunden. Von Vertretern der gröberen Fauna sind Hydropsyche-Larven nicht selten.

c) Flußboden unterhalb der Coblenzer Siele: Steine mit schwarzem Schwefeleisenbelag, wie er hier bei früheren Untersuchungen häufig war, werden jetzt trotz siebenmaligen Abdretschens des Grundes nicht aufgefunden, stellenweise kommt Hildebrandia rivularis als roter Steinbelag vor; in allen Fängen ist hier Gammarus pulex vorhanden, mehr einzeln auch Gammarus fluviatilis.

Die Laichschonreviere sind nicht zu untersuchen, sie stehen mindestens 2 m unter Wasser.

XVII. Rheinprofil bei Niederwerth.

A. Linke Flußseite:

Sichttiefe 21 cm.

a) Plankton: Neben sehr viel mineralischem Detritus auch viel organischer, ähnlich wie in der Mosel, ebenso die Bodenformen der Diatomaceen wie besonders von Synedra ulna, Nitzschia sigmoidea, Pleurosigma und Surirellen, gleichfalls viele Spongillennadeln, auch Arcellen. Sphaerotilus nur ganz einzeln und meist in Zersetzung.

b) Flußboden: Grober Kies, häufig mit Schleimröhren von jüngeren Chironomiden-Larven, auch Tubificiden in ähnlichen Röhrchen sind nicht selten; auf einigen Steinen findet sich Hildenbrandia rivularis und Eikapseln von Neritina; ferner werden gehoben: viel Gammarus pulex, einzeln Gammarus fluviatilis, Bythinia tentaculata, Lithoglyphus naticoides, Larven von Hydropsyche, Schalen von Dreissensia, Cladophora-Büschel mit Rotifer vulgaris und zahlreichen Kieselalgen.

B. Strommitte.

Sichttiefe 19 cm.

a) Plankton: Meist gröberer sich schnell zu Boden setzender mineralischer Detritus, dazwischen animalischer und vegetabilischer Abfall wie Larvenhäute und Füße von Insekten, Panzer von Daphniden, Vogelfederreste, Pinuspollen, Moosfragmente, Textilfasern usw. Zellulosefasern nur einzeln; Sphaerotilus in kleineren Flocken, auch einzeln Zoogloea ramigera, Oscillatorien-Bruchstücke, Oscillatoria rubescens und agardhi ganz vereinzelt, Fragilaria crotonensis in einigen Bändern, ferner ganz einzeln Fragilaria capucina, Stephanodiscus astraea, Asterionella gracillima, Synedra longissima und delicatissima, Ceratoneis arcus, Nitzschia sigmoidea und linearis, auch letztere Arten abgestorben, ferner junge Arcellen, einige Nauplien und junge Chironomiden-Larven.

b) Flußboden: Hydropsyche-Larven und Gammarus pulex.

C. Rechte Flußseite:

Sichttiefe 19.

a) Plankton: Wie in der Strommitte, doch mehr Sphaerotilus auch in größeren Flocken, die mit Detritus beladen im Spitzglase sich schnell zu Boden setzen, hier auch mehr Zellulosefasern, Ulothrix- und Vaucheria-Fäden usw. Schwebeformen von Diatomaceen sind seltener.

Das Sediment braust mit Säure noch immer stark auf und zeigt nach $^1/_2$ Minute Bräunung von Bleipapier; die Farbe der Lösung ist nur schwach gelblich, das treibende Material des Rheinwassers enthält nur wenig Eisen im Gegensatz zur Mosel.

b) Flußboden: Sand und Kies mit Koksstücken, Scherben von gelbem und braunem Glase, vegetabilischer Abfall, dazwischen Gammarus pulex und Hydropsyche-Larven.

Zusammenfassung der Resultate auf der Rheinstrecke Aßmannshausen bis Niederwerth.

Der Rhein ist während der Untersuchung dieser Strecke ununterbrochen gestiegen und führt auch aus den größeren Nebenflüssen, wie Neckar, Main, Nahe, Lahn und Mosel kommendes Regen- und Schneeschmelzwasser bei starken Beimengungen von Lehm und Sand mit sich. Dieses Wasser ist fast vegetationslos, treibt aber mit viel losgerissenen Pflanzenteilen, Stroh und anderen Abfällen, welche jetzt überall auf der untersuchten Strecke das Hochwasser charakterisieren. Die Schwebeorganismen, die Planktonten, wie sie sonst in den Rhein aus den Schweizer Seebecken, aus den Altrheinen, stillen Buchten, Häfen und dergl. gelangen, sind auch an den drei weiteren Untersuchungstagen nur noch einzeln meist in der Mitte des Stromes aufzufinden. Die Bodenformen der Kieselalgen, die vom Rheinbett sowie aus den Nebenflüssen und überschwemmten Ufern durch die starke Strömung aufgewirbelt sind, ebenso Fäden von Grünalgen werden noch in den meisten Proben in nicht seltener Menge gefunden; sie sind imstande, sowohl vermöge ihrer anorganischen Ernährungsweise (Sauerstoffproduktion) als auch durch ihre organische (direkte Aufnahme von gelöster organischer Substanz) reinigend auf das Flußwasser einzuwirken, wenn ihr Reinigungseffekt bei der während des Hochwassers steigenden Verschmutzung (vermehrte Keimzahl) auch nicht ausreicht.

Die Sphaerotilus-Flocken halten sich während der kalten Jahreszeit selbst bei der starken Verdünnung des Rheins durch das Hochwasser sehr lange; da unterhalb des Mainzuflusses organische Abwässer nicht in so großen Mengen in den Fluß gelangen, daß sie zu Massenbildungen von Sphaerotilus Veranlassung geben können, so liegt nur die Möglichkeit vor, daß die Ursache für die Entwicklung dieser Pilzflocken in den Zuflüssen von oberhalb Mainz nach dem Rhein entwässernden Fabriken, sowie auch von solchen in den Main geleiteten zu suchen ist. Bei dem längeren Aufenthalte im Flusse sind diese Pilze aber meist in Zersetzung übergegangen und treiben den Rhein hinunter, ohne bei dem Hochwasser Gelegenheit zu finden zu sedimentieren und der Bodenfauna zur Nahrung zu dienen. Zellulosefasern sind den Pilzen noch immer beigemengt, ein Zeichen, daß die Pilze wohl vorwiegend aus Zellulosefabrikabwässern herrühren.

Beggiatoa-Vegetationen, wie sie während der kalten Jahreszeit, durch die Wiesbadener Abwässer veranlaßt, auf der Rheingauseite gar nicht selten im Flusse treibend vorkommen, werden von Aßmannshausen ab nicht mehr gefunden; dagegen kommen hier noch mazerierte Nahrungsschlacken, wohl aus dem genannten Abwasser stammend, vor, da vom Salzbachzuflusse an häufig durch Gallenfarbstoffe tingierte, also verdaute Muskelfaserreste im Plankton häufig sind. Bei Aßmannshausen sind diese Färbestoffe schon ausgelaugt, die Nahrungsschlacken können demnach nicht frischer Natur sein.

Die Nebenflüsse des Rheins, die Nahe, Lahn und Mosel, zeigen gleichfalls Hochwasserstände; sie haben, wenigstens was die Nahe und Lahn anbetrifft, ihr biologisches Bild nicht in dem Maße geändert, wie der Rhein, da sie auch bei Niedrigwasser ziemlich vegetationslos sind, wie die früheren Untersuchungen vor ihrer Mündung bewiesen haben. Treibende Pilzflocken werden in ihnen nicht bemerkt, jedoch, wenigstens in der Nahe und Mosel, einzelne am Detritus haftende, nur im mikroskopischen Bilde erkennbare Fäden.

Die stillen Buchten zeigen wie früher so auch jetzt während des Rheinhochwassers eine gewisse Anreicherung mit typischen Planktonformen; jedoch tritt die Mikrofauna während des Winters fast gänzlich zurück, während die Mikroflora durch Kiesel- und andere Algen meist reichlich vertreten ist.

Typische Abwasserorganismen sind außer den treibenden Pilzen auf der letzteren Rheinstrecke in irgend wie in Betracht kommender Menge nicht festgestellt worden; von Carchesium lachmanni finden sich nur noch Stiele. Dagegen enthält das Rheinplankton selbst bei dem Hochwasser bis Niederwerth noch Schwefeleisen beigemengt, welches dem Plankton der genannten drei Nebenflüsse fehlt, während das Mainplankton mit Säure Schwefelwasserstoffreaktion gibt. Das Moselplankton weist reichliche Eisenmengen auf.

Bei der am 25. März in Gemeinschaft mit Professor Dr. Lauterborn vorgenommenen Untersuchung der Rheinstrecke von Oppenheim bis Weisenau zeigen sich die biologischen Verhältnisse des Rheins den letzten bei Niederwerth erhaltenen Resultaten ziemlich gleich, obgleich der Rhein im Sinken begriffen ist, und auch die Sichttiefe wieder zunimmt. Während diese beim Beginn der Untersuchung am 18. und 19. März auf der linken Flußseite noch 64 cm ausmacht, sinkt sie am 20. März schon auf

25 cm und weiter auf 17 und 15 cm, um dann beim fallenden Wasser am 25. März bei Weisenau 38 cm zu erreichen.

Um zu erfahren, wie viel Sedimente der Rhein bei dem Hochwasser mit sich führe, wurde bei Coblenz bei einer Sichttiefe von 20 cm der Bodensatz aus 25 Liter Rheinwasser genommen und später einer chemischen Untersuchung unterworfen; dieselbe gab folgende Resultate:

Rheinsediment in 1 ccm	0,1154 mg
(demnach in 1 Liter	0,1154 g
und in 1 cbm	115,4 g)
Glühverlust	0,0125 mg
Rückstand	0,1029 mg
Unlösliches (Glührückstand mit Salzsäure behandelt)	0,0713 mg
Säurebindungsvermögen des Sediments berechnet auf $CaCO_3$	0,0179
entsprechend SO_3	0,01436.

Nach den im mikroskopischen Bilde in 1 ccm geschöpften Rheinwassers (vergl. IX, 1, b) in die Erscheinung tretenden zahlreichen allerdings winzigen mineralischen Partikeln hätte man eine größere Menge als $^1/_{10}$ mg Sediment erwarten können.

Flottierende Organismen bleiben sowohl bei Niederwerth als auch drei Tage später bei Weisenau (vgl. den Lauterbornschen Bericht) vereinzelt. Dinobryen, Ceratien und die sonst typischen Volvocineen werden nicht aufgefunden.

Die Durchschnittstemperatur des Rheinwassers beträgt einschließlich der Mittagsbestimmungen in den 7 Untersuchungstagen 5,6° C.

Eine Begutachtung des Rheinstromes zur Winterzeit kann nicht eher abgegeben werden, als bis eine Untersuchung bei Niederwasser während der Monate vor der Schneeschmelze erfolgt ist.

Beiträge zur Kenntnis der Wirkung verschiedener blutlösender Gifte, insbesondere des taurocholsauren Natriums und der Seife.

Von

Prof. **Dr. F. Neufeld,**
Regierungsrat im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

und

Stabsarzt **Dr. Händel,**
kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

I. Die zellösende Wirkung des taurocholsauren Natriums, der Seife und der Kalilauge im Vergleich mit andern Blutgiften.

Bei den zahlreichen Untersuchungen über die hämolytischen Gifte ist bisher die Tatsache wenig beachtet worden, daß sich bei einigen dieser Stoffe bereits bei mikroskopischer Beobachtung des Lösungsprozesses eine grundsätzliche Verschiedenheit in ihrer Wirkungsweise erkennen läßt. Neufeld und v. Prowazek (1) haben für zwei der bekanntesten hämolytischen Gifte, nämlich die gallensauren Salze und die Saponinsubstanzen, diesen Unterschied festgestellt; derselbe läßt sich kurz dahin ausdrücken, daß die erstgenannten Stoffe die Blutkörperchen restlos auflösen, während die letzteren nur einen Austritt von Hämoglobin bewirken, wobei das Stroma und (bei kernhaltigen Blutscheiben) der Kern erhalten bleiben.

In der erwähnten Arbeit wurde ein weiterer, für die Auffassung dieser Hämolysewirkung wichtiger Punkt eingehend erörtert, der bereits von Kobert und Rywosch (2) hervorgehoben worden ist, daß nämlich die chemischen Stoffe, die wir als Hämolysine zu bezeichnen gewohnt sind, nicht exklusiv auf Blutkörperchen, sondern ebenso gut auf andere selbständige, frei bewegliche tierische Zellen (Leukocyten, Spermatozoen) sowie auf (nackte) Protozoen auflösend bzw. abtötend wirken.

Wir dürfen wohl annehmen, daß diese Substanzen zunächst auf die Zellmembran wirken; die erwähnte Tatsache stimmt daher gut mit der Vorstellung überein, daß eine lipoidartige Hüllschicht nicht nur für die Blutkörperchen, sondern ebenso für alle andern freibeweglichen Zellen anzunehmen ist. Aber auch auf nichtbewegliche Zellen, z. B. auf die Parenchymzellen der Milz, Leber und Niere äußern die gallensauren Salze genau die gleiche Wirkung: die Zellen werden durch taurocholsaures Natrium restlos aufgelöst. Der Einfluß der Saponinsubstanzen auf die genannten Zellen ist weniger sinnfällig, da uns hier die sicheren Anhaltspunkte fehlen, die, wie der Hämoglobinaustritt bei Erythrocyten, die Einbuße der Beweglichkeit bei Leukocyten, Spermatozoen und Protozoen ohne weiteres eine lebende Zelle von einer toten unter-

scheiden lassen; Kobert (2) konstatierte jedoch, daß auch Nerven-, Muskel-, Hirn-, Leber- und Nierenzellen durch Saponin unter morphologischen Veränderungen abgetötet werden.

Daß das Solanin ebenso wie die Saponinsubstanzen nicht nur Blutkörperchen, sondern auch Leukocyten, Spermatozoen, Trypanosomen, Spirochäten abtötet, wurde in der genannten Arbeit schon erwähnt. Auch das Kobralecithid ist, wie bereits v. Dungern (3) mitgeteilt hat, kein exklusiv hämolytisches, sondern ein allgemeineres Zellgift. Wir haben nun weiter festgestellt, daß das Kobralecithid, für dessen Überlassung wir Herrn Prof. Morgenroth zu Dank verpflichtet sind, auch Hühnerspirochäten sowie Leukocyten abtötet. Die mikroskopische Beobachtung ergab, daß dabei Kern und Hülle der Zellen nicht aufgelöst werden, und daß auch die Spirochätenleiber erhalten bleiben. Belonowski (4) teilte mit, daß das als Blutgift bekannte Arachnolysin ebenfalls Leukocyten abtötet.

Die weitaus überwiegende Mehrzahl aller hämolytischen Substanzen bewirkt ebenso wie das Saponin und das Solanin Hämoglobinaustritt, ohne Stromata und Kerne zu lösen; wir haben dieses Verhalten für Salzsäure, Äther, Chloroform, Xylol, Aceton durch mikroskopische Beobachtung bestätigt. Die mikroskopischen Bilder sind übrigens bei den genannten Stoffen nicht durchweg die gleichen, sondern es treten z. T. eigenartige Schrumpfungen, Quellungen und Verfärbungen der Stromata und Kerne auf.

Daß bei der Auflösung der Zellen durch Ambozeptor und Komplement Stroma und Kern stets erhalten bleibt, ist bekannt; eine Angabe Krompechers über die Lösung des Kernes der Froschblutkörperchen durch spezifisches Antiserum wurde auf Grund eingehender Untersuchung von Landau (5) nicht bestätigt.

Wir haben bisher nur zwei Arten von hämolytischen Stoffen gefunden, die ebenso wie die gallensauren Salze wirken, d. h. die Stromata und Kerne der roten Blutkörperchen und ebenso andere isolierte Körperzellen sowie Protozoen und Spirochäten völlig zur Auflösung bringen. Es sind dies einmal die Kali- (und Natron-)lauge und zweitens die Seifen.

Daß die starken Laugen tierische Zellen völlig auflösen, ist lange bekannt. Es seien daher hier nur einige Beobachtungen über die Wirkung der Seife mitgeteilt. Dieselben sind auch deswegen von Interesse, weil v. Liebermann und Noguchi neuerdings die Wirkung des Komplements als eine Seifenwirkung angesehen haben. Diese Auffassung ist bereits von andern Autoren (Hecker, v. Dungern und Coca) zurückgewiesen worden; unsere Versuche zeigen, daß die Hämolyse durch Seife schon morphologisch von der Komplementhämolyse sich unterscheiden läßt; die letztere kann daher schon aus diesem Grunde keine Seifenwirkung sein[1]).

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Nach einer soeben in den Ann. Pasteur (Heft 4) erschienenen Arbeit von Levaditi und Rosenbaum sind dagegen bei der Auflösung von Zellen innerhalb von Makrophagen möglicherweise Seifen beteiligt, wenigstens fanden sich dieselben reichlich in Makrophagenextrakten; hiermit würde übereinstimmen, daß im Innern von Phagocyten auch Kerne und Stromata aufgelöst werden.

In derselben Arbeit ist die Wirkung des Kobralecithids auf Zellen, Protozoen und Spirochäten eingehend beschrieben.

Die benutzte Seife, ölsaures Natrium (Kahlbaum) wurde zu 1% in 0,85% Kochsalzlösung gelöst. Die Lösung zeigte nur schwache alkalische Reaktion, ihre Wirkung kann daher nicht etwa auf freies Alkali bezogen werden, sondern es handelt sich um eine eigentliche Seifenwirkung.

Wir brachten auf dem Objektträger je ein Tröpfchen der 1%igen Seife mit einem gleichgroßen Tropfen folgender Zellaufschwemmungen zusammen: gewaschene Hammel- und Hühnerblutkörperchen, Leukocyten, Leber- und Milzzellen von Meerschweinchen. Die Tropfen wurden sorgfältig miteinander vermischt, wobei sich dieselbe charakteristische Erscheinung, wie bei der Einwirkung von taurocholsaurem Natrium zeigte: sobald diese Stoffe auf irgend welche kernhaltigen Zellen einwirken, entsteht eine zähe Gallerte. Dasselbe beobachtet man bei Einwirkung von Kalilauge; offenbar tritt also eine solche gallertige Masse immer auf, sobald die Kernsubstanzen (Chromatin?) in Lösung gehen. In geringerem Grade beobachtet man das Auftreten dieser zähen, fadenziehenden Massen aber auch, wenn man kernlose, z. B. Hammelblutkörperchen, die in wenig Kochsalzlösung suspendiert sind, durch taurocholsaures Salz oder durch Seife, aber nicht wenn man sie z. B. durch Sapotoxin löst; die gleichen Stoffe sind also wohl auch in geringer Menge im Stroma der kernlosen Blutscheiben enthalten.

Mikroskopierten wir nun die beschriebenen Präparate, so fanden wir darin keinerlei Strukturelemente mehr, insbesondere keine Zellschatten: Die Blutkörperchen, auch die kernhaltigen und ebenso die Leukocyten und Organzellen waren völlig aufgelöst worden. Auch Zusatz von Methylviolett (nach Köppe [6]) ließ keinerlei Schatten erkennen.

Resistenter erwiesen sich dagegen die Spermatozoen von Meerschweinchen. Dieselben lösen sich zwar in Kalilauge allmählich vollständig auf, Natr. taur. bewirkt dagegen nur Lösung der „Haube“, ähnlich ist die Wirkung der Seife, wobei ein zentraler Spiralfaden deutlich hervortritt.

Von Parasiten haben wir Rattentrypanosomen und Hühnerspirochäten in ihrem Verhalten zur Seife untersucht: sie wurden völlig aufgelöst, in gleicher Weise, wie durch taurocholsaures Natrium (Neufeld und v. Prowazek). Trotzdem die Seife durch Serum stark gebunden und dadurch in ihrer Wirkung abgeschwächt wird, fanden wir noch eine momentane Abtötung von Hühnerspirochäten, wenn wir eine Öse spirochätenhaltiges Serum mit einer Öse ½%iger Ölseife auf dem Deckglase vermischten. Setzten wir zu dem parasitenhaltigen Hühnerserum noch Typhusbazillen hinzu, so blieben diese auch in 1%iger Seife beweglich. Umgekehrt wurden bei gleicher Versuchsanordnung nach Zusatz von ½—1‰iger Sublimatlösung die Bazillen sofort unbeweglich, während die Spirochäten zwar sogleich starke Agglutination zeigten, aber noch mehrere Minuten beweglich blieben. Das Verhalten der Syphilisspirochäten gegenüber der Seife konnten wir mangels frischen Materials nicht untersuchen; falls dieselben ebenfalls durch Seifenlösung momentan abgetötet werden, so würde das vielleicht ein praktisches Interesse haben.

Die Wirkung der Kalilauge auf die Zellen und Parasiten ergab etwa die gleichen

mikroskopischen Bilder, wie die der Seife und gallensauren Salze. Schwächere Konzentrationen der genannten Stoffe bewirken jedoch, wie zu erwarten, zunächst Abtötung der Zellen ohne völlige Auflösung, die Unterschiede gegen die übrigen blutlösenden Gifte sind also nur bei genügend starken Konzentrationen zu beobachten. Die Anwesenheit von Serum hat stets eine stark hemmende Wirkung; man muß daher besonders die Seife, deren 1%ige Lösung offenbar an der Grenze der Wirksamkeit steht, im Überschuß auf möglichst vom Serum befreite Zellen wirken lassen, um völlige Auflösung zu erzielen.

Bei Untersuchung des Acidum taurochol. (von Merck bezogen) fanden wir in Bestätigung der früheren Versuche anderer Autoren, daß dasselbe ebenfalls stark hämolytisch wirkt, und zwar war die Wirkung (auf Hühner- und Meerschweinchenblut) quantitativ nur wenig stärker, als die des Natronsalzes. Dagegen ergab sich qualitativ ein auffallender Unserschied, indem die Kerne und Stromata durch Acid. taur. nicht aufgelöst werden.

2. Wirkung der genannten hämolytischen Stoffe auf Lipoide und Eiweißstoffe.

Auf Grund der bekannten Arbeiten von Overton, Meyer, Köppe, Weidenreich, Albrecht sowie der Ergebnisse, die Pascucci (7) bei der chemischen Analyse der Stromata erhielt, können wir uns vorstellen, daß die Blutkörperchen (und ebenso die Leukocyten und andere freibewegliche Zellen) von einer Hüllschicht umgeben sind, die als wesentliche Bestandteile Lipoide und Eiweißstoffe enthält, und die als osmotische Membran den Zellinhalt von dem umgebenden Medium trennt, indem sie nur ganz bestimmten Stoffen den Durchtritt gestattet: wird diese Hülle aufgelöst oder in bestimmter Weise geschädigt, so kann der Zellinhalt, z. B. das Hämoglobin austreten. Die soeben skizzierte Anschauung ist insbesondere von Höber ausgebildet worden und ist in Kap. VI seiner „Physikal. Chemie der Zelle u. d. Gewebe“ näher dargelegt. Nachdem Overton und Meyer die wichtige Rolle der Lipoide für die Zusammensetzung der Zellhüllen entdeckt haben, ist man neuerdings dazu gekommen, auch Eiweißstoffe als wesentliche Bestandteile der Hüllen anzunehmen. Vgl. die erwähnten Analysen Pascuccis und die bei Höber zitierten Untersuchungen von Nathanson.

Über den Angriffspunkt, den die blutlösenden Gifte in der Zellwand finden, liegen bereits mehrfache Untersuchungen vor. Ransom (8) hat festgestellt, daß das Saponin mit dem Cholesterin eine Bindung eingeht, und daß Cholesterin die hämolytische Wirkung des Saponins hemmt. Daß das Saponin bei der Hämolyse seinen ausschließlichen Angriffspunkt in dem Cholesterin der Erythrocytenhülle findet, darf aber hieraus wohl nicht geschlossen werden.

Einen sichereren Anhaltspunkt hierfür geben die Versuche von Pascucci (7). Der Autor ahmte die supponierten Erythrocytenhüllen durch Seidenmembranen nach, die mit Lecithin oder Cholesterin oder einem Gemisch beider Stoffe getränkt waren und eine mit Farbstofflösung (Hämoglobin- oder Cochenillelösung) gefüllte Tube abschlossen. Der Farbstoff diffundierte erst dann durch die Membranen hindurch,

wenn das Cholesterin oder Lecithin durch chemische Einwirkung geschädigt wurde. Es ergab sich, daß lecithingetränkte Membranen durch Alkohol, Äther, Benzol, Xylol, Chloroform schnell, durch Aceton langsamer durchlässig gemacht wurden; auf cholesteringetränkte Membranen wirkten rasch Äther, Aceton, Benzol, Xylol, Chloroform, langsamer Alkohol. Ammoniak, Ammoniumkarbonat, Natriumkarbonat, Natronlauge, Essigsäure griffen nur mit Lecithin, aber nicht mit Cholesterin imprägnierte Membranen an, verdünnte Schwefelsäure wirkte auf beide nicht.

Pascucci und andere Autoren heben mit Recht hervor, daß die hämolytischen Gifte die Stoffe der Zellhülle nicht immer zu lösen brauchen, sondern daß auch durch eine anderweitige Schädigung, etwa eine Fällung („Anätzung" der Membran) der Austritt des Hämoglobins ermöglicht werden kann.

Wir haben nun Versuche darüber angestellt, ob diejenigen Stoffe, die die Stromata bezw. die Zellhüllen nicht nur durchlässig machen, sondern ganz zerstören, ein besonderes Verhalten gegenüber reinen Lipoiden und reinem Eiweiß zeigen.

Lecithin (Kahlbaum), in kleinen Klümpchen in eine 10%ige Natr. taurochol.-Lösung[1]) eingebracht, wurde innerhalb einiger Stunden in der Weise aufgelöst, daß eine völlig klare Lösung entstand. Weder Normal-Kalilauge noch 1%ige Ölseife ergeben eine derartige Lösung von Lecithin, sondern nur eine Quellung und eine trübe Aufschwemmung. Ebenso wird eine 1%ige Suspension von Lecithin in physiologischer Kochsalzlösung durch Natr. taurochol. völlig geklärt (vgl. die folgende Tabelle), nicht aber durch Seife, Kalilauge oder Sapotoxin; nur in weit stärkeren Konzentrationen, als sie zur Hämolyse nötig sind, etwa 1 : 20—1 : 100 bewirkte das letztere eine ganz schwache Aufhellung der Lecithinsuspension. Wir möchten daher annehmen, daß diese Wirkung bei der Saponinhämolyse keine Rolle spielt.

Cholesterinkristalle wurden weder durch das taurocholsaure Salz, noch durch Kalilauge, Seife oder Sapotoxin innerhalb 24 Stunden gelöst.

Auch auf Hühnereiweiß und Eigelb wirkt das Natr. tauroch. in besonderer Weise ein. Reines Eigelb wird durch Zusatz von etwa zwei Teilen der Natr. tauroch. Lösung in eine dünnflüssige, nur sehr wenig opalisierende Lösung übergeführt, während Zusatz von Sapotoxinlösung die gleiche milchige Aufschwemmung ergab, wie Zusatz von Kochsalzlösung. Ebenso ergibt das zähe Hühnereiweiß nach Zusatz von einem gleichen Quantum der Natr. tauroch.-Lösung eine klare, leicht bewegliche, nicht mehr schäumende Flüssigkeit.

Eine paradoxe Erscheinung sahen wir jedoch, wenn wir zu reinem oder mit der 5fachen Menge Kochsalzlösung verdünntem Hühnereiweiß fallende Mengen der Natr. taur.-Lösung zusetzten: alsdann trat bei mittleren Dosen ein starker Niederschlag auf. Vgl. die folgende Tabelle.

---

[1]) Die Lösung von Natr. tauroch., Sapotoxin und Ölseife wurden stets mit 0,85%iger Kochsalzlösung hergestellt. Wo nichts Näheres bemerkt ist, sind von den beiden ersten Stoffen stets 10%ige, von der Seife 1%ige Lösungen benutzt worden. Übrigens sind die Präparate des taurocholsauren Salzes, auch die von der gleichen Firma bezogenen, nicht stets identisch. Die Lösungen lassen sich im Dampf sterilisieren und sind, solange sie nicht bakteriell verunreinigt sind, Monate lang haltbar.

Wirkung von Natr. taurocholicum auf Hühnereiweiß und Lecithin.

Menge der zugesetzten Natr.-taur. Lösung	Diese enthält reines Natr. taur.	Je 0,3 unverdünntes Eiweiß zugesetzt, geschüttelt. Erfolg:	Desgl. 0,3 mit Kochsalzl. 1:5 verdünntes Eiweiß	Desgl. 0,3 1% Lecithinaufschwemmung in Kochsalzl.
0,3 der 10%igen Lös.	0,03	völlig klar	klar	völlig geklärt
0,1 „ „	0,01	festes Gerinnsel	„	deutlich geklärt[1]
0,03 „ „	0,003	sehr stark trüb	mäßig trüb	
0,1 der 1%igen Lös.	0,001	„ „ „	stark trüb	
0,03 „ „	0,0003	stark trüb	etwas trüb	
0,1 der 0,1%igen Lös.	0,0001	leicht trüb	Spur	
0,03 „ „	0,00003	unverändert	unverändert	
0,1 der 0,01%igen Lös.	0,00001	„	„	Spurklärung
0,03 „ „	0,000003	„	„	unverändert

Ein entsprechender Versuch mit Sapotoxin ergab keine Einwirkung auf Hühnereiweiß, bei der Lecithinsuspension war in den 3 ersten Röhrchen eine geringe, kaum merkliche Klärung eingetreten.

In jüngster Zeit berichten Porges und Neubauer (21) sowie Bayer (22) über einige ähnliche Versuche. Sie fanden, daß in destilliertem Wasser aufgeschwemmtes Lecithin durch Saponin, jedoch erst in starker Konzentration, aufgehellt wurde. Natr. glycochol. wirkte, wie Bayer fand, schon in geringerer Konzentration aufhellend.

Wir haben uns weiter bemüht, die Wirkung der in Rede stehenden Stoffe auf sehr dünne Schichten von Eiweiß und Lecithin zu studieren, indem wir mit diesen Stoffen feine Emulsionen von Öl herstellten.

Zweifellos ist ja die Hüllschicht der Zellen nur von ganz geringer Stärke, sie ist vielfach mit den bekannten „Haptogenmembranen", wie sie die Milchkügelchen in der Milch oder die Fettröpfchen künstlicher Emulsionen umgibt, in Analogie gesetzt worden; die Plasmahaut, die ein lebendes, abgetrenntes Protoplasmaklümpchen aus sich herauszubilden vermag, kann wohl ihrer Entstehung und Struktur nach direkt als Haptogenmembran angesehen werden[2]).

Wir haben Olivenöl teils mit Eiweiß, teils mit Lecithin emulgiert; nach der insbesondere von Quincke (9) begründeten und jetzt wohl ziemlich allgemein angenommenen Anschauung ist dann jedes Fettröpfchen von einer ganz feinen Schicht überzogen, zu welcher der emulgierende Stoff das Material liefert. Zu etwa 0,5 dieser Emulsionen setzten wir einige Tropfen des zu untersuchenden Stoffes zu: löst derselbe die „Haptogenmembran", so muß das Fett frei werden und sich an der Oberfläche sammeln.

Natürlich besteht ein prinzipieller Unterschied zwischen diesen Versuchsbedingungen und den Verhältnissen, die bei Blutkörperchen sowie bei den Versuchen Pascuccis mit künstlichen Membranen vorliegen. Hier ist der im Innern befindliche Stoff (das Hämoglobin) in der Außenflüssigkeit löslich, während das Öl unlöslich ist. Gerade dadurch erscheint diese Versuchsanordnung geeignet, Pascuccis Ver-

[1]) Die Klärung trat sofort nach dem Schütteln auf und war bei den fallenden Dosen von Natr. taur. stufenweise geringer. Innerhalb der ersten halben Stunde trat jedoch in den 0,01 und 0,003 des gallensauren Salzes enthaltenden Lecithinröhrchen nachträglich eine stärkere Trübung auf.

[2]) Vgl. auch Höber, Physikal. Chemie d. Zelle u. d. Gewebe, 2. Aufl. S. 45, 210.

suche mit lecithin- und cholesteringetränkten Membranen zu ergänzen. Die Versuche **Pascuccis** lassen erkennen, ob die Membranen durchlässig werden, aber nicht, ob sie aufgelöst werden; die Versuche mit emulgiertem Fett geben umgekehrt nur einen Ausschlag, wenn die Membran völlig aufgelöst, nicht wenn sie durchlässig wird.

Wir stellten die Versuche in kleinen Reagensgläschen von 0,5 cm lichter Weite an, in die wir etwa 0,5 der Emulsionen gaben (Olivenöl in physiologischer Kochsalzlösung emulgiert teils mit Lecithin teils mit Hühnereiweiß). Zusatz einiger Tropfen 10%iger Natr. taurocholicum-Lösung bewirkte bei beiden Emulsionen so starkes Freiwerden von Fett, daß sich dasselbe nach etwa ½ Stunde in einer dicken Schicht an der Oberfläche ansammelte; dabei ging die Wirkung auf die Lecithinemulsion schneller vor sich.

Ein Zusatz von 10% Sapotoxinlösung bewirkte keine Veränderung der Emulsionen. Ebensowenig hatte Zusatz von Seife einen Einfluß, während Normalkalilauge einen gewissen, allerdings nur unbeträchtlichen Teil des Fettes frei machte.

Auch bei dieser Versuchsanordnung zeigt sich also, daß das taurocholsaure Natrium eine besondere lösende Wirkung auf Lecithin sowohl wie auf Eiweiß besitzt, die den andern von uns untersuchten Blutgiften fehlt. Auch bei unsern weiteren Versuchen fanden wir stets, daß dieser Stoff eine Sonderstellung einnimmt.

Obwohl wir uns bewußt sind, daß man aus derartigen Versuchen, wie auch **Porges** und **Neubauer** hervorheben, nicht ohne weiteres auf die Wirkung der Giftstoffe gegenüber der lebenden Zellwand Schlüsse ziehen darf, so können wir doch annehmen, daß der beschriebene, noch in starken Verdünnungen hervortretende Einfluß des gallensauren Salzes auf Eiweißstoffe und Lecithin bei der eigenartigen zellösenden Wirkung dieses Stoffes eine Rolle spielt. Unsere Versuche zeigen, ebenso wie die der zitierten Autoren, daß bei der Hämolyse weit kompliziertere Verhältnisse vorliegen, als man früher annahm, und daß die verschiedenen Blutgifte zweifellos an mannigfachen Stoffen der Zellwand Angriffspunkte finden können.

3. Über die Hemmung der Hämolyse durch einen Überschuß von taurocholsaurem Natrium.

Bei unsern Hämolyseversuchen wurden wir auf eine weitere sehr merkwürdige Eigenschaft des taurocholsauren Natriums aufmerksam, die unseres Wissens bisher nirgends beschrieben worden ist. Indem wir abgestufte Mengen dieses Stoffes auf verschiedene Blutarten einwirken ließen, zeigte sich gegenüber drei Blutarten: Hammel-, Ziegen- und Rinderblut regelmäßig ein paradoxes Verhalten, indem bei starken Konzentrationen die Hämolyse ausblieb, bei geringeren Konzentrationen allmählich bis zu einem Optimum zunahm.

Diese Differenzen gleichen sich später zum Teil aus; man darf daher das Ergebnis der Hämolyse nicht erst nach 24 Stunden ablesen, sondern beobachtet den Verlauf derselben am besten in kurzen Zwischenräumen. Nach etwa 1—2 Stunden ist die paradoxe Erscheinung in der Regel sehr ausgesprochen; auf diese Zeit beziehen sich die Angaben der nachstehenden Tabellen.

Noch deutlicher als in der üblichen 5%igen Blutkörperchenaufschwemmung tritt das paradoxe Phänomen oft in einer ½%igen Aufschwemmung auf (vgl. die Tabellen). Die Blutkörperchen haben wir natürlich stets mehrfach gewaschen.

Die genannten drei Arten von Blutkörperchen nehmen, wie bekannt auch in einer andern Hinsicht eine Sonderstellung ein; sie verhalten sich nämlich dem reinen Kobragift gegenüber refraktär und werden durch dasselbe erst nach Zusatz von Lecithin gelöst.

Auf welcher Ursache das besondere Verhalten der genannten Blutarten dem Natr. taurochol. gegenüber beruht, vermögen wir nicht anzugeben. Dagegen gelingt es bei andern Blutarten, wie Meerschweinchen-, Pferde- und Hühnerblut, die sonst niemals Hemmungserscheinungen zeigen, das gleiche paradoxe Phänomen zu erhalten, wenn man sie anstatt in Kochsalzlösung in isotonischer (7,8%iger) Rohrzuckerlösung aufschwemmt; die Kontraste sind hier jedoch nicht so stark und so regelmäßig, wie bei den erstgenannten drei Blutarten.

Alles Nähere ergibt sich aus den folgenden Tabellen. Bei den andern von uns untersuchten Blutgiften, insbesondere auch bei den Saponinsubstanzen und der Seife, haben wir solche parodoxen Erscheinungen nie gesehen (vgl. das beigefügte Protokoll über Hämolyse durch Sapotoxin). Dagegen zeigte das Acid. tauroch. dieselben Hemmungszonen wie das Natronsalz.

Hämolytische Wirkung des taurocholsauren Natrium auf verschiedene Blutarten. (Kochsalzaufschwemmung).

Menge des gallensauren Salzes	Hämolyse von je 1 ccm										
	Hammelblut		Rinderblut		Pferdeblut		Hühnerblut		Meerschweinchenblut		Ziegenblut
	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %
0,03	0	0	0	0	[1]	[1]	komplett	komplett	[1]	[1]	0
0,01	0	0	schwach	0	komplett	komplett	"	"	komplett	komplett	0
0,003	stark	mäßig	stark	stark	"	"	"	"	"	"	Spur
0,001	0	komplett	0	komplett	"	"	schwach	"	"	"	komplett
0,0003	0	komplett	0	0	0	"	0	schwach	0	0	0
0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hämolytische Wirkung des taurocholsauren Natrium auf verschiedene Blutarten. (Aufschwemmung in isotonischer Rohrzuckerlösung.)

Menge des gallensauren Salzes	Hämolyse von je 1,0 ccm:						
	Hammelblut		Hühnerblut		Ziegenblut	Pferdeblut	Meerschw.-blut
	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	5 %	5 %
0,03	0	0	stark	mäßig	0	stark	stark
0,01	0	0	mäßig	stark	0	mäßig	mäßig
0,003	komplett	komplett	komplett	komplett	komplett	fast komplett	komplett
0,001	0	"	fast komplett	"	stark	0	stark
0,0003	0	0	0	schwach	0	0	0
0,0001	0	0	0	0	0	0	0

[1]) In dieser Verdünnung nicht untersucht.

Hämolytische Wirkung von Sapotoxin auf verschiedene Blutarten.
(Kochsalzlösung.)

Menge des Sapotoxins	Hämolyse von je 1,0 ccm:									
	Hammelblut		Rinderblut		Pferdeblut		Meerschweinchenblut		Hühnerblut	
	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %
0,03	komplett	komplett	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	komplett	komplett
0,01	"	"	komplett	komplett	komplett	komplett	komplett	komplett	"	"
0,003	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,001	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0003	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0,0001	stark	"	stark	"	"	"	"	"	"	"
0,00003	schwach	schwach	schwach	Spur	fast komp.	"	fast komp.	"	"	"
0,00001	0	0	0	0	0	Spur	0	0	Spur	0
0,000003	0	0	0	0	0	"	0	0	0	0

Hämolytische Wirkung von Sapotoxin auf verschiedene Blutarten (in isotonischer Rohrzuckerlösung aufgeschwemmt).

Menge des Sapotoxins	Hämolyse von je 1,0 ccm:					
	Hammelblut		Pferdeblut		Hühnerblut	
	5 %	½ %	5 %	½ %	5 %	½ %
0,03	komplett	komplett	komplett	komplett	komplett	komplett
0,01	"	"	"	"	"	"
0,003	"	"	"	"	"	"
0,001	"	"	"	"	"	"
0,0003	"	"	"	"	"	"
0,0001	"	"	stark	Spur	stark	"
0,00003	"	"	mäßig	"	mäßig	"
0,00001	schwach	"	Spur	0	0	mäßig
0,000003	"	0	0	0	0	0

4. Komplementbindung durch taurocholsaures Natrium.

In einer vorhergehenden Arbeit (10) haben wir bereits eine weitere interessante Eigenschaft des taurocholsauren Salzes besprochen, nämlich seine Fähigkeit, Komplement zu binden. Wir verweisen auf das dort (auf S. 210) mitgeteilte Versuchsprotokoll, welches zeigt, daß das taurocholsaure Natrium noch in kleiner Dosis, bis mindestens 0,005 herab, 0,1 ccm Meerschweinchenserum sowohl des hämolytischen als auch des bakteriziden Komplements völlig beraubt. Auch von Levaditi und Yamanuchi (11) ist die Tatsache der Komplementbindung durch Natr. tauroch. bereits in einer während der Drucklegung unserer ersten Arbeit erschienenen Mitteilung erwähnt worden.

[1] In dieser Verdünnung nicht untersucht.

Wie wir a. a. O. ausgeführt haben, liegt die Annahme am nächsten, daß das taurocholsaure Natrium mit einem im Meerschweinchenserum enthaltenen Kolloidstoff eine Reaktion eingeht, welche sekundär zur Komplementfixation führt. Bei dieser Reaktion wird das taurocholsaure Salz im Serum gebunden; es ist daher nicht auffallend, daß es auch in solchen Dosen die Hämolyse durch Komplement hemmt, die an sich, ohne Serumzusatz, die gleichen Blutkörperchen auflösen würden.

Daß auch die Seife in gewissen Konzentrationen Komplement bindet, haben Sachs und Altmann (12) kürzlich mitgeteilt. Morgenroth (13) hat Komplementausschaltung durch Kobragift beschrieben.

Hiernach haben eine Reihe von Blutgiften die Eigenschaft, Komplement zu binden. Dies ist jedoch nicht bei allen Blutgiften der Fall; es hängt das offenbar davon ab, an welche Stoffe des Stromas bezw. des Serums das betreffende Gift gebunden wird. Bei einem der stärksten Blutgifte, dem Sapotoxin, findet die Bindung im Serum durch das Cholesterin statt; hierbei tritt keine Komplementablenkung ein.

Wir setzten Sapotoxin in Mengen von 0,01—0,000003 zu 1,0 $^1/_{10}$ Meerschweinchenkomplement zu und prüften nach einstündigem Stehen im Brutschrank in derselben Weise, wie in dem oben erwähnten Versuche mit Natr. tauroch. auf Verlust von hämolytischem und bakterizidem Komplement; als Kontrollen wurden die gleichen Mengen Sapotoxin teils mit Kochsalzlösung, teils mit inaktivem $^1/_{10}$ Meerschweinchenserum versetzt. Es ergab sich, daß das Sapotoxin keine Komplementbindung bewirkt.

5. Über die Auflösung von Pneumokokken durch die gallensauren Salze.

Eine völlig isolierte Stellung unter den zellösenden Giften nehmen die gallensauren Salze gegenüber den Pneumokokken ein. Das charakteristische an ihrer Wirkung ist, daß die Pneumokokken nicht nur abgetötet, sondern fast sofort in eine wasserklare Lösung übergeführt werden. Soweit wir wissen, sind die Pneumokokken die einzige Bakterienart, die durch das taurocholsaure Salz aufgelöst wird, und zwar genügen hierzu sehr geringe Konzentrationen; andrerseits ist bisher kein zweiter Stoff bekannt, der auf die Pneumokokken eine derartige Wirkung ausübt, ohne die übrigen Bakterienarten, auch so nahestehende wie die Streptokokken oder so empfindliche (z. B. gegen verdünnte Alkalien) wie die Choleravibrionen zu beeinflussen. Es sei besonders erwähnt, daß weder Seife noch starke Kalilauge oder Sapotoxin Pneumokokken auflösen.

Diese eigentümliche Wirkung auf die Pneumokokken, die zuerst von dem einen von uns (14) beschrieben wurde, ist in letzter Zeit von mehreren Untersuchern, Nicolle und Adil-Bey (15), Levy (16), Mandelbaum (17) bestätigt und näher studiert worden. Mandelbaum fand dabei einen Unterschied zwischen reiner Rindergalle und Natr. tauroch., indem das letztere trotz völliger Klärung der Kultur Schatten zurückließ, die erst nach Methylenblauzusatz sichtbar wurden; nach Einwirkung von Galle fehlten dieselben. Levy hat auf den diagnostischen Wert des Phänomens zur Unterscheidung zwischen Pneumo- und Streptokokken hingewiesen. Wir haben die gleichen Erfahrungen gemacht und die Reaktion regelmäßig bei allen unseren Pneumokokkenstämmen zur sicheren Feststellung ihres Charakters mitverwertet. Sämtliche von uns benutzten Pneumokokkenstämme (es sind im Laufe der Jahre

mindestens 20—30 verschiedene Kulturen gewesen) wurden auf ihr Verhalten gegenüber dem taurocholsauren Salz oder reiner Galle geprüft und bei allen frisch gezüchteten und virulenten Stämmen ohne Ausnahme die Reaktion festgestellt, während sie bei den untersuchten Streptokokkenstämmen stets fehlte.

Dagegen können, wie bereits in der oben erwähnten ersten Mitteilung ausgeführt wurde, avirulente Pneumokokkenstämme ein anderes Verhalten zeigen. Seither haben wir zweimal beobachtet, daß ein anfangs virulenter und durch Galle beeinflußter Stamm sich bei langer Fortzüchtung auf ungeeigneten Nährboden derart veränderte, daß er auch von konzentrierter Galle nicht mehr gelöst wurde. Gleichzeitig war bei diesen beiden Stämmen auch die Virulenz völlig verloren gegangen; ferner wuchsen sie bei Gelatinetemperatur und zeigten auf der Agarfläche anstatt der punktförmigen kleinen Kolonien einen zusammenhängenden Belag.

Bei einem anderen Stamm fanden wir, daß derselbe, als er seine Virulenz fast völlig verloren hatte, im Gegensatz zu vier andern, auf demselben Nährboden gewachsenen und gleichzeitig geprüften Pneumokokkenstämmen von Natr. taurochol. in einer Konzentration 1 : 40 nicht mehr aufgelöst oder überhaupt beeinflußt wurde. Nachdem der Stamm durch mehrere Tierpassagen wieder virulent gemacht worden war, löste er sich nach Zusatz von 1 : 100 Natr. taur. schnell und vollständig auf.

In der Arbeit von Neufeld und v. Prowazek (1) wurde bereits die Vermutung ausgesprochen, daß das eigenartige Verhalten der Pneumokokken gegen die gallensauren Salze (das völlig dem Verhalten der Protozoen entspricht) auf einer Auflockerung der Bakterienhülle beruht, die ihrerseits wieder mit der Kapselbildung in Zusammenhang stehen dürfte. Natürlich ist hiermit nicht gesagt, daß die Auflösbarkeit durch Galle mit der Kapselbildung in direkter Beziehung steht; dies ist sicher nicht der Fall, denn die Pneumokokken sind auch in Kulturen, in denen keine Kapselbildung erkennbar ist, gegen Galle empfindlich, und andrerseits sind andere kapseltragende Bakterien resistent gegen Galle.

Nicht nur die gallensauren Salze, sondern auch die Taurocholsäure (Acidum taurocholicum) löst Pneumokokken auf; sie wirkt sogar noch in erheblich geringeren Konzentrationen.

Anhang.

Uber die Phagocytose von emulgierten Fettröpfchen und ihre Beeinflussung durch spezifische Antisera.

Die oben erörterte Vorstellung, daß die dünne Eiweißschicht, welche die Fetttröpfchen in einer mit Eiweiß hergestellten Emulsion und als Kaseinhäutchen die Fettkügelchen der Milch umgibt, sich in gewisser Beziehung mit der Plasmahaut der Zellen vergleichen läßt, führte uns zu dem Versuche, Antikörper gegen die Substanz solcher Membranen herzustellen und zu untersuchen, ob dieselben eine Phagocytose der Emulsionströpfchen zu bewirken imstande sind[1]). Wir haben mancherlei Gründe

[1]) Die Wirkung eines spezifischen Antikörpers auf eine Emulsion ist zuerst von Uhlenhuth (18) demonstriert worden. Derselbe fand, daß Öltröpfchen, die durch Gummi arabicum fein emulgiert waren, durch das Serum von Kaninchen, die mit Gummi arab. vorbehandelt waren, spezifisch ausgeflockt wurden.

zu der Annahme, daß wenigstens bei so einfach gebauten Zellen, wie den Erythrocyten, die Antigene eher in der Hüllschicht der Zellen, als in dem Zellplasma enthalten sind und daß diese Hülle wiederum den Angriffspunkt der Antisera darstellt. Wie bekannt, werden nach Injektion von Stromata Hämolysine gebildet; andrerseits geht aus den neuen Versuchen von Ide (19) hervor, daß ein Antihämoglobinserum gar nicht imstande ist, durch die Hülle des unversehrten Blutkörperchens hindurch zu seinem Antigen zu gelangen.

Nun ist von dem einen von uns (20) die Theorie aufgestellt worden, daß die unmittelbare Wirkung der phagocytosebefördernden Sera darauf beruht, daß gewisse Stoffe der Zelle in Lösung gehen, die Oberfläche der Zelle überziehen und, indem sie etwas in die umgebende Flüssigkeit diffundieren, die Freßtätigkeit der Leukocyten anregen.

Es erschien daher als möglich, durch ein gegen das Emulgens gerichtetes Antiserum eine Phagocytose der emulgierten Fettröpfchen hervorzurufen. Dies ist uns in der Tat gelungen. Wir stellten uns durch mehrmalige, intravenöse Injektion von Kaninchen Antisera gegen Eiereiweiß, Kuhmilch und Eigelb her. Bei dem Antieigelbserum konnten wir keinen Einfluß feststellen; dagegen ließen das Antieiweiß- und das Antimilchserum eine zweifellose phagocytosebefördernde Wirkung auf Olivenöltröpfchen, die in der oben beschriebenen Weise mit Eiereiweiß emulgiert waren, bezw. auf die Milchkügelchen erkennen.

Die Versuchsanordnung schloß sich an die von Neufeld und Bickel (23) für die Hämotropine benutzte an; die Sera wurden teils frisch, teils inaktiviert mit je einigen Tropfen der betreffenden Emulsion und einer Leukocytenaufschwemmung gemischt (natürlich gleichzeitig mit Kontrollsera), wobei sich die spezifischen Stoffe als thermostabil, also analog den Cytotropinen, erwiesen. Die Beobachtung geschah nach 1—2 Stunden und zwar meist im ungefärbten Präparat; teilweise benutzten wir auch Färbung mit Sudan und Methylenblaugegenfärbung.

Diese Beobachtungen über die Wirkung phagocytosebefördernder Antikörper auf Emulsionen sind wohl auch insofern von Interesse, als sie zeigen, daß die Cytotropine einer umfassenden Klasse von Antikörpern angehören, deren Entstehung ebenso wie die der Präzipitine allgemeinen Gesetzen unterliegt und sich nicht auf Bakterien und Körperzellen beschränkt. Ferner sprechen die neu gefundenen Tatsachen wohl gegen die teleologische Auffassung, wonach die Wirkung der Cytotropine auf einer Paralysierung von „Aggressinen“ beruhen soll.

Es sei noch erwähnt, daß wir auch das Serum von Kaninchen, die mit Lecithin vorbehandelt waren, in gleicher Weise untersucht haben. Wie zu erwarten war, übte dasselbe keine phagocytosebefördernde Wirkung auf eine mit Lecithin hergestellte Emulsion aus.

Literatur.

1. Neufeld u. Prowazek, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 25, S. 501 ff.
2. Kobert, Lehrbuch der Intoxikationen, 2. Aufl. II, S. 742 u. 750 f.
3. v. Dungern, Münch. med. Wochenschr. 1907. S. 2321 Anmerkung.
4. Belonowski, Bioch. Zeitschr. Bd. 5, S. 65.

5. Landau, Ann. Pasteur. 1903, S. 52.
6. Köppe, Pflügers Arch. Bd. 107.
7. Pascucci, Beitr. z. chem. Physiol. u. Path. Bd. 6.
8. Ransom, Deutsche med. Wochenschr. 1901, S. 194.
9. Quincke, Pflügers Arch. Bd. 19, 129.
10. Neufeld u. Händel, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 28, S. 198.
11. Levaditi u. Yamanuchi, Compt. rend. Soc. biol. 1907, N. 38, S. 740.
12. Sachs u. Altmann, Berl. Klin. Wochenschr. 1908, N. 10.
13. Morgenroth, Biochem. Zeitschr. Bd. 8, 378, ref. Bioch. Centralbl. 1908, S. 274.
14. Neufeld, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 34, 454, 1900.
15. Nicolle u. Adil-Bey, Ann. Pasteur, Januar 1907.
16. Levy, Virchows Archiv Bd. 187 1907.
17. Mandelbaum, Münch. med. Wochenschr. 1907, N. 29.
18. Uhlenhuth, Deutsche med. Wochenschr. 1905, S. 564.
19. Ide, La cellule 1907.
20. Neufeld, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 27, S. 414.
21. Porges u. Neubauer, Biochem. Zeitschr. Bd. 7, S. 152, 1908.
22. Bayer, ebenda Bd. 9, Heft 1, 1908.
23. Neufeld und Bickel, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 25.

Toxikologische Versuche mit Atoxyl an zahmen Ratten.

Von

Dr. rer. nat. W. Wedemann,

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte.

Die vielfache Anwendung, die das Atoxyl (1, 2, 3) in der Medizin gefunden hat, ließ es wünschenswert erscheinen, Versuche über die Ablagerung und die Ausscheidung dieses Mittels in und aus dem tierischen Organismus anzustellen.

Mit diesen Fragen beschäftigen sich die Arbeiten von F. Croner und E. Seligmann „Über das Verhalten des Atoxyls im Organismus" (5) und von F. Blumenthal und E. Jacoby „Toxikologische Versuche mit Atoxyl" (4). Die Resultate, zu denen diese Forscher kommen, sind je nach der Art der Versuchstiere verschieden. Die vorliegenden Versuche wurden im Anschluß an die Arbeit von Uhlenhuth, Hübener und Woithe „Experimentelle Untersuchungen über Dourine mit besonderer Berücksichtigung der Atoxylbehandlung" (6) ausgeführt. Meine Versuche wurden an zahmen Ratten vorgenommen. Es wurde versucht nachzuweisen, ob ein oder mehrere Organe für die Ablagerung des Atoxyls in Betracht kommen und wie seine Ausscheidung aus dem Organismus erfolgt.

Zunächst will ich kurz die Ergebnisse der beiden genannten Arbeiten besprechen, um dann auf meine Untersuchungen überzugehen. Blumenthal berichtet in Gemeinschaft mit Jacoby über die Ablagerung in den Organen und die Ausscheidung des Atoxyls bei Kaninchen. Diesen wurde eine tödliche Dosis Atoxyl subkutan eingespritzt, um sicher zu sein, daß bei der großen Verdünnung, die das Atoxyl im Organismus erleidet, in den zu untersuchenden Organen mit Sicherheit Arsen nachgewiesen werden konnte. Drei Kaninchen im Gewicht von 1½—2 Kilo wurden mit 0,5—0,6 g Atoxyl in 10%iger Lösung behandelt; die Tiere starben nach 16—18 Stunden; es wurden Lunge, Leber, Gehirn und Rückenmark sowie die Haare, in einem Fall auch der Darminhalt auf Arsen untersucht, aber es konnte mit Ausnahme der Leber eines Kaninchens, in der geringe Mengen Arsen gefunden wurden, solches in den anderen Organen nicht nachgewiesen werden.

Nach dem Ergebnis dieser Untersuchungen kommen Blumenthal und Jacoby zu dem Schluß, daß diese Organe nicht der Sitz der Ablagerung von Arsen sein können. Ihre Vermutung, daß im Blut das Arsen bis zum Tod zirkuliere und daß vielleicht die Knochensubstanz als das Depot für das Arsen in Betracht komme, wird

durch den Befund an drei anderen Kaninchen bestätigt. Es wurden drei Kaninchen mit Dosen von 0,6 g Atoxyl unter die Haut gespritzt und 10—16 Stunden später getötet und entblutet. Im Blut und in der Knochensubstanz fanden sich reichliche Mengen Arsen, während Leber und Gehirn nur Spuren davon enthielten. Aus diesen Versuchen folgern sie, daß das Arsen bei Anwendung von tödlichen Dosen des Giftes bis zum Tode im Blute zirkuliert, dagegen in den anderen Organen nicht abgelagert wird. Leber und Gehirn enthalten nach ihren Befunden nur Spuren von Arsen selbst nach Einverleibung von sehr großen Dosen. Dagegen enthält die Knochensubstanz große Mengen Arsen. Bei den Ausscheidungsversuchen, die Blumenthal bei einem Kaninchen, das mit einer nicht tödlichen Dosis von 0,3 g Atoxyl behandelt worden war, anstellte, konnte erst nach 30 Stunden im Harn Arsen nachgewiesen werden, allerdings war der vorher ausgeschiedene Harn nicht untersucht worden. Blumenthal und Jacoby erwähnen noch eine Beobachtung Salkowskis, nach welcher sich das Arsen nach einer Einspritzung von 0,2 g Atoxyl erst vom zweiten Tag an im Urin zeigte und Spuren von Arsen noch am siebenten Tage nachweisbar waren (Tierart nicht angegeben). Weitere Versuche lehrten Blumenthal und Jacoby jedoch, daß Kaninchen, denen Dosen von 0,25—0,6 g Atoxyl subkutan eingespritzt worden waren, schon nach einer Stunde die Arsenreaktion im Harn zeigten, die vom 1.—6. Tag andauerte. Vom zweiten Tag an war auch in einem Fall im Kot Arsen nachweisbar. Beim Menschen dauerte die Ausscheidung im Urin mehrere Tage, manchmal hörte sie aber auch schon nach kurzer Zeit auf.

Die Versuche Croners und Seligmanns führten zu anderen Resultaten. Allerdings verwendeten sie auch andere Tiere und eine andere Dosierung des Atoxyls. Sie konnten den Verlauf der Arsenabscheidung in einem Versuch auch quantitativ verfolgen.

Zwei Hunde von 8 und 3 kg Körpergewicht, ersterer dreimal im Verlaufe von 19 Tagen mit 0,1 g, der andere einmal mit 0,2 g Atoxyl subkutan gespritzt, wurden. nachdem Arsen in den Ausscheidungsprodukten nicht mehr nachweisbar war, getötet. Bei einmaliger Gabe von Atoxyl konnten nur in der Leber geringe Mengen Arsen nachgewiesen werden. Bei mehrmaliger Gabe fanden sich in der Leber reichliche Mengen Arsen. Ob die anderen Organe untersucht worden sind, ist aus der Arbeit nicht ersichtlich.

Die Resultate, die diese beiden Forscher bei den Versuchen über die Ausscheidung des Arsens aus dem Organismus erzielten, schwanken je nach ein- oder mehrmaligen Gaben von Atoxyl. So bekamen zwei Hunde von 7 und 3 kg Körpergewicht 0,1 bezüglich 0,015 g Atoxyl subkutan. Die Ausscheidung im Harn beginnt bald nach 5 Stunden und nach 24 Stunden ist sie bereits beendet. Im Kot ist bis 56 Stunden nach der Injektion Arsen überhaupt nicht nachweisbar.

Diese Versuche wurden auch an Menschen vorgenommen und zwar mit dem gleichen Erfolg, nach 22 Stunden enthält der Urin kein Arsen mehr. Ein Versuch, der beim Menschen quantitativ ausgeführt wurde, ergab, wie auch die qualitativen Versuche schon andeuteten, daß die Hauptmenge des Arsens schon in den ersten 4—8 Stunden den Körper verläßt. Auch hier erfahren die Resultate eine Änderung,

sobald die Injektion wiederholt wird. Der Beweis dafür wird an einem Hund erbracht, der dreimal nach 8 bezüglich 20 Tagen zusammen 0,3 g Atoxyl bekommen hatte. Die Ausscheidung erstreckte sich auf einen längeren Zeitraum und zwar schied der Hund noch 80 Stunden nach der dritten Injektion Arsen aus, außerdem war auch im Kot binnen 20 resp. 24 Stunden nach der zweiten Injektion Arsen nachweisbar.

Bei der Arbeit Blumenthals und Jacobys handelt es sich hauptsächlich, wie oben ausgeführt, um die Auffindung des Arsens in den Organen der Tiere im Augenblicke des Todes nach tödlichen Gaben, bei der Croners und Seligmanns um die Ablagerung in den Organen und Abscheidung im Urin und Kot nach ein- und mehrmaligen ungiftigen Gaben von Atoxyl. Die Versuche, über die hier berichtet werden soll, wurden nach den folgenden Gesichtspunkten angestellt.

Es wurden vier Versuchsreihen von zahmen Ratten angelegt und zwar wurde die erste mit wachsenden Dosen von Atoxyl (von den Chemischen Werken, Charlottenburg bezogen) behandelt, um die Tiere erst an dieses Mittel zu gewöhnen und um eine möglichst große Menge Atoxyl resp. Arsen im Körper aufzuspeichern. Die zweite Reihe wurde mit therapeutischen Dosen (6), wie sie bei der Behandlung der Dourine als wirksam befunden worden waren, behandelt und die Ausscheidungsprodukte nach der zweiten Einspritzung solange untersucht, bis Arsen nicht mehr nachweisbar war. Die dritte Reihe wurde mit tödlichen Dosen behandelt und die Tiere nach mehreren Stunden oder auch Tagen getötet und entblutet. Die vierte Reihe wurde mit therapeutischen Dosen (6) gespritzt und nach 3, 6, 12, 24, 48 Stunden getötet und die Organe und das Blut untersucht.

Diese verschiedenartige Anordnung der Versuche an einer genügenden Anzahl von Tieren mußte also Aufschluß über den Verbleib des Atoxyls im Körper der Ratten und die Ausscheidung desselben im Harn und Kot unter den jeweiligen Verhältnissen geben.

Es muß noch vorausgeschickt werden, daß der Nachweis des Atoxyls nur mit Hilfe der Reaktionen des Arsen geführt werden konnte, da die von verschiedenen Forschern[1]) angegebenen Reaktionen für das Atoxyl bei den hier in Betracht kommenden geringen Mengen nicht einwandsfrei sind.

Glücklicherweise ist der Nachweis des Arsen ein sehr scharfer und bis zu sehr geringen Mengen möglich. Es konnte in dieser Arbeit die Frage nicht beantwortet werden, wirkt das Atoxyl als solches, oder wird es gespalten, und ist dies der Fall, welche seiner arsenhaltigen Komponenten kommt zur Wirkung resp. lagert sich in den Organen ab und findet sich in den Ausscheidungsprodukten vor. Für eine Spaltung des Atoxyls im Organismus scheinen die Sektionsbefunde von Blumenthal, Uhlenhuth, Hübener und Woithe sowie in einzelnen Fällen auch die meinigen zu sprechen, die allerdings auch keine Entscheidung zulassen, durch welche Komponente die Intoxikationserscheinungen hervorgerufen worden sind, da diese sowohl z. T. dem Arsen in irgend einer Verbindung, als auch dem Anilin eigen sind. Allerdings konnte nie

[1]) Die von Bougault angegebene Reaktion zum Nachweis des Atoxyls im Harn trifft für normalen Harn, der mit Atoxyl versetzt ist, zu, wird aber beeinträchtigt durch die Gegenwart von arseniger Säure und Anilin (10, 11).

die für Anilinvergiftungen so charakteristische ockergelbe Färbung des Blutes oder die von Prat (4) angegebene Linksdrehung des Harns beobachtet werden.

Zur Aufsammlung der Ausscheidungsprodukte wurden die Ratten auf große Büchnersche Porzellantrichter gesetzt und der Urin in einem untergestellen Gefäß filtiert aufgefangen, während der Kot auf dem Trichterboden liegen blieb. Es war beobachtet worden, daß die Ratten nach der Atoxyleinspritzung sehr durstig waren. Sie bekamen deshalb reichlich Zuckerwasser, das sie begierig aufleckten. Es gelang so in wenigen Stunden von 2 Tieren meist 5—10 ccm Urin und mehrere Gramm Kot zu bekommen. Die Organe der getöteten oder verendeten Tiere wurden mit destilliertem Wasser gut abgewaschen und sodann zur Zerstörung der organischen Substanz mit einem Gemisch von Schwefel-Salpetersäure behandelt. Für die Ausführung der Oxydation und den Nachweis des As im Marshschen Apparat wurden die von Polenske (7) und Lockemann (8) gemachten Erfahrungen verwertet. Bei der häufigen Anwesenheit des Arsens in den Reagentien (z. B. Schwefelsäure, Zink usw.) ist es ein Haupterfordernis, die möglichen Fehlerquellen auf ein Minimum einzuschränken, was man erreichen kann durch Anwendung möglichst weniger verschiedener Reagentien, wie es besonders das Verfahren von Polenske vorschreibt. Die von einigen Forschern (12) angegebenen Verbesserungen des Marshschen Apparates haben alle den Nachteil, daß zu viele Reagentien nötig sind, da wie gesagt mit jedem neuen Reagens auch eine neue Fehlerquelle gegeben ist und das Verfahren durch vorherige Prüfung und Reinigung derselben umständlicher wird. Die von Kahlbaum bezogenen Reagentien erwiesen sich als frei von As. Als Vorprobe wurde die Reaktion von Gutzeit angewandt, die unter Berücksichtigung gewisser Vorsichtsmaßregeln gute Dienste leistet. In einzelnen Fällen wurde auch die Gegenwart des Arsen auf biologischem Wege mit penicillium brevicaule geführt (9).

Da die Mengen des zum Nachweis in Betracht kommenden Arsens sehr geringe waren und die Ausscheidungsprodukte nicht in der für eine quantitative Bestimmung einwandfreien Weise aufgefangen werden konnten, wurde auf eine quantitative Bestimmung des Arsen in den Organen und den Ausscheidungsprodukten verzichtet, und die einzelnen Untersuchungen nur auf qualitativem Wege ausgeführt. Vor dem Versuch wurden die Ausscheidungsprodukte der Ratten 8 Tage lang von je einem Tag vereint, aufgefangen und auf Arsen geprüft. Eine Ratte wurde getötet und die Organe und das Blut auf Arsen untersucht. Ferner wurde das Futter während der Dauer der Versuche durch Stichproben auf Arsen geprüft. Es konnte in keinem Falle Arsen nachgewiesen werden.

Die Atoxyllösungen waren 10%ig und wurden jeden Tag frisch bereitet (nicht sterilisiert). Sämtliche Ratten wurden subkutan gespritzt.

Die Tiere der ersten Versuchsreihe gingen alle infolge der großen Dosen Atoxyl ein. Es wurde das Gehirn, die Leber, Niere, Lunge, Milz und die Ausscheidungsprodukte untersucht.

I. Ratte, 100 g, wurde 2 mal subkutan gespritzt und zwar am ersten und dritten Tag mit je 0,03 g Atoxyl, drei Tage nach der letzten Einspritzung ist sie verendet.

Leber und Niere waren arsenhaltig. Die Ausscheidungsprodukte, die von der 12.—18. Stunde nach den Einspritzungen aufgefangen waren, enthielten ebenfalls Arsen.

II. Ratte, 110 g, wurde während 29 Tagen jeden zweiten Tag subkutan gespritzt und zwar 4 mal mit 0,01 g, 6 mal mit 0,02 g, 3 mal mit 0,03 g, 1 mal mit 0,04 g Atoxyl in 10%iger wässeriger Lösung (im ganzen 0,29 g). Zwei Tage nach der letzten Einspritzung von 0,04 g ist das Tier verendet. Die Ausscheidungsprodukte, die jedesmal einen Tag nach der Einspritzung untersucht wurden, enthielten Arsen. Von den Organen waren nur die Leber und die Niere arsenhaltig.

III. Ratte, 165 g, hatte binnen 48 Tagen 0,63 g Atoxyl subkutan bekommen und zwar jeden zweiten Tag; 9 mal 0,01 g, 8 mal 0,03 g, 5 mal 0,04 g, 2 mal 0,05 g Atoxyl in 10%iger Lösung. Zwei Tage nach der letzten Einspritzung von 0,05 g ist die Ratte verendet. Niere und Leber waren arsenhaltig, die anderen Organe nicht.

IV. Ratte, 110 g, wurde binnen 53 Tagen mit 0,69 g subkutan gespritzt und zwar 9 mal mit 0,01, 10 mal mit 0,03, 5 mal mit 0,04, 2 mal mit 0,05 g Atoxyl in 10%iger wässeriger Lösung. Die Ratte verendete zwei Tage nach der letzten Einspritzung. Der Urin und der Kot, die jedesmal von der 12. bis zur 48. Stunde aufgefangen wurden, enthielten Arsen. Auch hier waren wieder nur die Leber und die Niere arsenhaltig.

Das Ergebnis der Versuche an diesen Ratten war also folgendes: In der Leber und der Niere war in jedem Fall Arsen nachweisbar, während die anderen Organe davon frei befunden wurden, trotz der erheblichen Mengen Atoxyl, die den Tieren einverleibt worden waren. Im Urin und im Kot war am Tage nach der Einspritzung regelmäßig Arsen enthalten.

Die zweite Versuchsreihe wurde mit therapeutischen Dosen (6) behandelt.

I. Versuch:

4 Ratten, 2 à 130 g, 2 à 70 g wurden am 18. 10. zum ersten Male mit einer 10%igen Lösung von Atoxyl pro 100 g Ratte 0,025 g, am 23. 10. zum zweiten Male mit denselben Dosen gespritzt und die Ausscheidungsprodukte nach der zweiten Einspritzung solange untersucht, bis Arsen nicht mehr nachweisbar war. Dann wurden die Tiere getötet und die Organe auf Arsen geprüft.

Urin und Kot von den 4 Ratten von je einem Zeitabschnitt wurden zusammen untersucht.

Zeit in Stunden	Urin		Kot		Bemerkungen
1. 3— 6	+		—		18. 10. 1. Injektion
6— 18	+		+		
18— 24	+		+		
24— 60	+		+	wenig	
60— 84	+	wenig	+	Spuren	
84—108	+	„	+	„	[1]

[1] Das Verschwinden des Arsens nach der einmaligen Einspritzung wurde nicht abgewartet, da es hier darauf ankam die Ausscheidung nach zweimaliger Einspritzung zu beobachten.

Zeit in Stunden	Urin		Kot		Bemerkungen
2. 4— 8	+		—		23. 10. 2. Injektion
8— 24	+		+		
24— 48	+		+		
48— 76	+		+		
76— 96	+	wenig	+	sehr wenig	
96—120	+	Spuren	+	Spuren	
120—144	—		—		
144—192	+	Spuren	+	Spuren	
192—212	—		—		
212—236	—		—		
236—260	—		—		

nicht mehr untersucht

+ = Arsenhaltig, — = kein Arsen.

13 Tage nach der zweiten Einspritzung wurden die Ratten getötet und die Organe getrennt untersucht. Das Resultat für die 4 Ratten ist dasselbe, wie aus der Tabelle hervorgeht.

Blut + reichlich Arsen
Haare —
Gehirn —
Niere +

Milz + Spuren Arsen
Leber + reichlich Arsen
Lunge —
Herz —

II. Versuch.

2 große Ratten ebenso behandelt wie bei dem vorhergehenden Versuch, Gewicht ungefähr je 230 g.

Zeit in Stunden	Urin		Kot		Bemerkungen
1. 3— 20	+		+		2. 10. 1. Einspritz.
20— 24	+		+		
24— 48	+		+		
48— 72	+		+		
72— 96	+	wenig	+	Spuren	
96—100	+	wenig	+		[1]
2. 6— 22	+		—		7. 10. 2. Einspritz.
22— 36	+		+		
36— 60	+		+		
60— 84	+		+		
84—108	+		+		
108—132	+		+		
132—156	+	Spuren	+	sehr wenig	
156—192	+	Spuren	—		
192—204	—		—		

[1] Siehe Anmerkung S. 589.

Die Ratten wurden getötet, nachdem in den Ausscheidungsprodukten Arsen nicht mehr gefunden wurde.

Die Organe wurden einzeln verarbeitet. Man erhält dasselbe Resultat wie bei dem vorhergehenden Versuch; nur konnten diesmal in der Milz nicht einmal Spuren von As nachgewiesen werden.

Blut + reichlich As	Milz —
Haare —	Leber + reichlich As
Gehirn —	Lunge —
Niere + wenig As	Herz —

Das Ergebnis läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Im Urin ist nach kurzer Zeit, ca. 6 Stunden, im Kot nach ca. 18 Stunden As enthalten, die Ausscheidung von Arsen nach der ersten Injektion wurde bis zu 5 Tagen beobachtet, nach der zweiten bis zu weiteren 5 Tagen, bei Versuch I ist am 6. Tag kein As nachweisbar, am 7. und 8. Tag treten wieder Spuren von As auf und vom 9. Tag an ist bei beiden Versuchen die Ausscheidung beendet.

In den Organen ist Arsen in Leber, Niere und Blut reichlich, einmal in der Milz spurenweise nachweisbar.

Die folgende Versuchsreihe wurde angesetzt, um zu entscheiden, ob nach einmaliger therapeutischer (0,025 g pro 100 g Ratte, also ungiftiger) Dosis Arsen überhaupt im Körper zurückgehalten wird. 3 Ratten, Gewicht ungefähr je 150—170 g, werden einmal gespritzt und, nachdem Arsen in den Ausscheidungsprodukten nicht mehr nachweisbar ist, getötet.

Zeit in Stunden	Urin		Kot	
3— 8	+		—	
8— 90	+		+	
90—138	+		+	
138—162	+		+	
162—186	+	Spuren	+	Spuren
186—210	—		—	
210—306	+	wenig	+	wenig
306—330	—		—	
330—354	—		—	

Auch hier zeigt sich wieder, daß die Arsenabscheidung langsam vonstatten geht, daß sie nach ungefähr 7 Tagen aufhört, dann beim Auffangen größerer Mengen Urin von mehreren (4) Tagen wieder auftritt, um dann ganz auszusetzen.

Die gleichen Organe der 3 Ratten wurden zusammen untersucht, da es sich hier nur um Spuren von Arsen handeln konnte.

Blut +	Milz —
Haare —	Leber +
Gehirn —	Lunge —
Niere +	Herz —

Die dritte Versuchsreihe von Ratten wurde mit großen Dosen behandelt und nach verschiedenen Zeiten getötet.

Ratte I, ca. 250 g schwer, bekommt 0,3 g Atoxyl in 10%iger Lösung subkutan eingespritzt, nach 10 Stunden wird sie getötet.

Blut + reichlich	Milz + Spuren
Haare —	Leber + Spuren
Gehirn — Spuren	Lunge —
Niere + reichlich	Herz —

Urin und Kot nicht untersucht.

Ratte II, 200 g schwer, 0,2 g Atoxyl in 10%iger Lösung, nach 16 Stunden getötet.

Blut + reichlich	Milz —
Haare —	Leber + reichlich
Gehirn —	Lunge[1]) +
Niere + reichlich	Herz —

Urin und Kot nicht untersucht.

Ratte III, 200 g, 0,1 g, nach 24 Stunden getötet.

Blut + reichlich	Milz —
Haare —	Leber + reichlich
Gehirn —	Lunge —
Niere + reichlich	Herz —

Im Urin und Kot, die von der 6.—24. Stunde aufgefangen werden, ist ebenfalls reichlich As vorhanden.

Auch hier scheinen die Verhältnisse für die Ablagerung des Arsen nicht viel anders zu liegen als bei der Einverleibung von ungiftigen Dosen. Nur bei Ratte I (sehr große Dosis) wurden Spuren im Gehirn und in der Milz nachgewiesen.

Die letzte Versuchsreihe wurde mit therapeutischen[2]) Dosen behandelt (subkutan einmal gespritzt). Die Ratten wurden nach Verlauf verschiedener Stunden getötet und die einzelnen Organe untersucht. Die Tabelle ergibt die Übersicht über die Versuche. Bloß in den angeführten Organen konnte Arsen nachgewiesen werden. Die Gaben wurden wieder pro 100 g Ratte auf 0,025 g Atoxyl berechnet.

Ratte	Zeit der Tötung	Blut	Leber	Niere	Lunge
I.	nach 3 Std.	+	—	—	—
II.	„ 6 „	+	Spuren	+	+[1])
III.	„ 12 „	+	+	+	—
IV.	„ 24 „	+	+	+	+[1])
V.	„ 48 „	+	+	+	—

[1]) Beim Töten (Durchschneiden des Halses) hatte das Tier Blut durch Einatmen in die Lunge bekommen, daher der positive Befund.

[2]) Vgl. die Angaben von Uhlenhuth (6) pro 100 g Ratte 0,025 g Atoxyl.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß das Arsen im Blut und in der Niere nach 3 Stunden, in der Leber nach 6 Stunden nachweisbar ist. Die Leber scheint also als das Organ in Betracht zu kommen, in welchem sich das Arsen erst nach einiger Zeit ablagert. In den anderen Organen konnte Arsen nicht nachgewiesen werden.

Das Gesamtergebnis der Versuche ist folgendes: in der Leber, der Niere und dem Blut ist Arsen nachweisbar, während das Gehirn und die Milz nur ausnahmsweise (und nach sehr großen Dosen) Spuren von As enthalten. Der Urin ist schon nach kurzer Zeit 6 Stunden, der Kot nach ca. 12 Stunden arsenhaltig, die Ausscheidung dauert 5—8 Tage.

Die Resultate meiner Versuche decken sich also nicht vollständig mit denen von Blumenthal und Jacoby und Croner und Seligmann. Doch geht aus Blumenthals und meinen Versuchen hervor, daß bei Kaninchen und Ratten das Blut arsenhaltig ist. Während jene in der Leber und Gehirn nur bei großen Dosen Spuren von Arsen nachweisen konnten, fand ich nach Verlauf einiger Zeit nach der Einspritzung immer reichlich Arsen in der Leber und nur in einem Fall Spuren im Gehirn. Mein Befund für die Leber stimmt mit dem Croner und Seligmanns überein, die einmal Spuren ein anderes Mal reichlich Arsen nachweisen konnten. Für die Ausscheidung des Arsen komme ich zu den gleichen Resultaten wie Blumenthal und Jacoby — die Ausscheidung erstreckt sich auf mehrere Tage —, während ich die Befunde Croner und Seligmanns betreffs der schnell beendigten As-Abscheidung für Ratten nicht bestätigen kann.

Nachtrag.

In den eben erschienenen Arbeiten (13, 14) kommen Croner und Seligmann im Gegensatz zu Blumenthal und mir betreffs der Ausscheidungsprodukte von Kaninchen bei einmaliger Einspritzung geringer Dosen von Atoxyl wieder zu dem Ergebnis, daß die As-Abscheidung durch den Urin nach 24 Stunden so gut wie beendet ist, während sie für den Kot (allerdings erst vom zweiten Tag an) zu demselben Resultat gelangen wie Blumenthal und ich.

Für mehrmalige Einspritzungen von kleinen Dosen Atoxyl bei Kaninchen decken sich die von den genannten Forschern gefundenen Resultate im wesentlichen.

Blumenthal erhält für den Urin der Kaninchen bei einmaliger Einspritzung kleiner Mengen Atoxyl dieselben Resultate wie ich für Ratten, nämlich eine mehrere Tage andauernde As-Ausscheidung.

Literaturübersicht.

1. W. Landsberger, Therapie der Gegenwart März 1907, Literaturübersicht.

2. F. Blumenthal, Mediz. Woche 1902, Nr. 15.

3. Derselbe, Über die Anwendung des Atoxyls in der inneren Medizin. Mediz. Klinik 1907, Nr. 12.

4. F. Blumenthal und E. Jacoby, Toxikologische Versuche mit Atoxyl. Mediz. Klinik Nr. 45, 1907.

5. Fr. Croner und E. Seligmann, Über das Verhalten des Atoxyls im Organismus. Deutsche Mediz. Wochenschr. 25, 1907.

6. Uhlenhuth, Hübner, Woithe, Experimentelle Untersuchungen über Dourine mit besonderer Berücksichtigung der Atoxylbehandlung. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 27, 2, 1907.

7. E. Polenske, Über eine schnell auszuführende quantitative Bestimmung des Arsens, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 25, S. 357.

8. G. Lockemann und H. Reckleben, Über Reaktionen und Bestimmungsmethoden von Arsenwasserstoff. Zeitschr. f. ang. Ch. 19, 7, 1906.

9. Maaßen, A. Die biologische Methode Gosio's zum Nachweis des Arsens und die Bildung organ. Arsen-, Selen- und Tellurverbindungen durch Schimmelpilze und Bakterien. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 18, 495, 1902.

10. J. Bougault, Reaktionen des Arrhénals und des Atoxyls. Journal de Pharm. und de Chimie Serie 6, 26, 13—20.

11. F. Croner, Oxydation aromatischer Amine mittels Mangansalz unter Bildung von Farbstoffen. Chem. Zeitschr. 1907, 32, 948.

12. Strzyzowski, C., Über ein einfaches Veraschungsverfahren zur raschen Ermittelung von Arsen in Lebensmitteln und Tierobjekten. Chem. C. 1906, I, S. 1778.

13. Fr. Croner und E. Seligmann, Pharmakol. Unters. mit Atoxyl. Med. Klin. 1908 Nr. 17

14. F. Blumenthal, Bemerk. zu dem vorstehenden Aufsatz von F. Croner und E. Seligmann. Mediz. Klin. 1908, Nr. 17.

15. Rabow und Strzyzowski, Geht bei Atoxylbehandlung Arsen in die Haare über? Therap. Monatshefte 1908. April.

Über den biologischen Nachweis der Herkunft von Blut in blutsaugenden Insekten [1].

Von

Professor **Dr. med. Uhlenhuth,**
Geheimem Regierungsrat und
Direktor im Kaiserlichen Gesundheitsamte,

Dr. med. O. Weidanz,
wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im
Kaiserlichen Gesundheitsamte

und

Dr. med. vet. Angeloff (aus Sofia),
freiwilligem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Die Übertragung ansteckender Krankheiten durch blutsaugende Insekten spielt in der Epidemiologie der Infektionskrankheiten eine bedeutsame Rolle. So wissen wir nach den Untersuchungen der letzten Jahre, daß die Pest durch den Rattenfloh Pulex Cheopis von einer Ratte auf eine andere übertragen werden kann. Da dieser Floh gelegentlich auch den Menschen sticht, so ist eine Übertragung der Pest auf den Menschen sehr wohl möglich und scheint nach den Beobachtungen der indischen Pestkommission sicher erwiesen zu sein. Daß eine Verschleppung von pathogenen Bakterien durch stechende Insekten auch bei anderen Krankheiten stattfinden kann, beweist die Tatsache, daß man z. B. in der Leibeshöhle von Fliegen, Flöhen usw., die mit Typhus- und Tuberkulosekranken in Berührung gekommen waren, Typhus- resp. Tuberkelbazillen hat nachweisen können.

Da sich nun Bakterien, wie das experimentell an Wanzen und Flöhen festgestellt wurde, in dem Darmtraktus dieser Insekten Stunden, ja Tage lang lebend erhalten können, so ist die Möglichkeit einer solchen Infektion auch bei anderen bakteriellen Infektionskrankheiten nicht ganz von der Hand zu weisen, wiewohl derartige Übertragungsversuche bisher negativ ausgefallen sind.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den durch pathogene Protozoën hervorgerufenen Infektionskrankheiten. Hier sind die als Blutschmarotzer bekannten Haematozoën auf bestimmte Zwischenwirte (Arthropoden) unbedingt angewiesen; sie müssen im Körper dieser Zwischenwirte eine Entwicklung durchmachen, bevor sie imstande sind, andere Tiere und Menschen zu infizieren. Das gilt z. B. für den Malariaparasiten, für den die Anophelesmücke als Zwischenwirt bekannt ist, ferner

[1] Die Methode ist von Uhlenhuth in der Sitzung der Berliner med. Gesellschaft am 20. Mai 1908 demonstriert worden (s. Berl. Klin. Wochenschrift 1908, Nr. 22).

39*

für das noch unbekannte Virus des Gelbfiebers, das durch eine zu den Culiciden gehörige Stechmücke Stegomyia fasciata von Mensch auf Mensch übertragen wird.

Auch die Erreger der in den Tropen vorkommenden Filariakrankheiten werden durch Culex und Anopheles verbreitet.

Die gegenwärtig infolge der bedeutsamen Forschungen R. Kochs im Mittelpunkt des Interesses stehende Trypanosomenkrankheit, die Schlafkrankheit, wird verbreitet durch eine Stechfliege, die Glossina palpalis. Ebenso wird die in Südafrika so sehr gefürchtete durch Trypanosomen hervorgerufene Tsetsekrankheit durch Glossinen übertragen.

Für eine große Zahl von Protozoënkrankheiten kommen als Überträger die zu den Arthropoden gehörigen Zecken in Betracht. Sie verbreiten z. B. das Texasfieber, die Piroplasmose der Schafe und Hunde, die Hämoglobinurie der Rinder, das „ostafrikanische Küstenfieber“ und das „Kaukasusfieber“. Auch eine Reihe von Spirochaetenkrankheiten, z. B. das afrikanische Rückfallfieber und die Hühnerspirillose, werden durch Zecken übertragen. Für das in Europa vorkommende Rückfallfieber hat man vielfach die Wanzen als Überträger angesehen, weil man in ihrem Magen Spirochaeten fand, nachdem sie an einem an Rekurrens erkrankten Menschen gesogen hatten. Da aber die Übertragungsversuche durch künstlich infizierte Wanzen, wie auch die neuerdings von Breinl, Kinghorn, Todd, Schellack, M. Rabinowitsch und Möllers ausgeführten Untersuchungen gezeigt haben, sämtlich negativ ausgefallen sind, so fehlt bisher der Beweis für diese Annahme. Nach Doenitz spricht manches dafür, daß auch hier Zecken, wie Argas persicus oder Argas reflexus, eine Rolle spielen. Auf Grund der Versuche von Manteufel ist es wahrscheinlicher, daß die Übertragung des europäischen Rückfallfiebers durch Läuse erfolgt.

Diese kurze Übersicht zeigt uns, welche große Bedeutung die Insekten resp. Arthropoden als Überträger der verschiedenartigsten Menschen- und Tierseuchen besitzen.

Aus dieser Erkenntnis ergeben sich für die Seuchenbekämpfung wichtige prophylaktische Maßnahmen, wie sie z. B. R. Koch für die Bekämpfung der Malaria vorgeschlagen und mit Erfolg durchgeführt hat.

Um den blutsaugenden Insekten die Infektionsmöglichkeit zu nehmen, ist es notwendig, alle die Individuen zu ermitteln, die Parasiten beherbergen und letztere durch spezifische Arzneimittel, beispielsweise durch Chinin bei Malaria, durch Atoxyl bei Trypanosomenkrankheiten im Körper abzutöten. Außerdem ist es erforderlich, die als Zwischenwirte erkannten Insekten zu vernichten.

Um den Zwischenwirten ihre hauptsächlichste Nahrungsquelle, das Blut, zu entziehen, hat R. Koch fernerhin vorgeschlagen, die als Blutlieferanten in Betracht kommenden Tiere, bei der Schlafkrankheit die Krokodile und Flußpferde, bei der Tsetsekrankheit das große Wild (Antilopen, Büffel, Wildschweine u. a.), nach Möglichkeit auszurotten.

Um zu entscheiden, welche Tiere als Blutlieferanten in Betracht kommen, haben sich R. Koch und seine Mitarbeiter der mikroskopischen Untersuchung bedient. Es gelang ihnen auf diese Weise in der Glossina palpalis ovale, kernhaltige Blutkörperchen nachzuweisen, wie sie für das Krokodil charakteristisch sind.

Es ist bekannt, daß man mit Hilfe des Mikroskopes mit Leichtigkeit Vogel-, Reptilien- und Fischblut von Säugetierblut, solange es frisch ist, unterscheiden kann. Unzuverlässig ist aber diese Art der Untersuchung, wenn es sich darum handelt, mit Sicherheit die Herkunft des Blutes von einer bestimmten Tierart zu bestimmen. So dürfte es nicht möglich sein, aus der Größe und Form der Blutkörperchen festzustellen, ob z. B. das in einer Fliege vorgefundene Blut von einer Antilope oder einem Wildschwein herrührt. Bei der aktuellen Bedeutung dieser Fragen haben wir nun versucht, auf biologischem Wege mit Hilfe der Präzipitinreaktion den Nachweis der Herkunft des Blutes in den blutsaugenden Zwischenwirten zu erbringen.

Die ersten orientierenden Versuche in dieser Richtung wurden an Blutegeln ausgeführt.

Ende März d. J. ließen wir mehrere aus der Apotheke bezogene Blutegel (Hirudo medicinalis) an dem Unterarm eines Menschen saugen; die Tiere wurden in einem Gefäß mit Wasser aufbewahrt.

Um das für die einzelnen Untersuchungen jedesmal notwendige Blut zu erhalten, wurden die Egel aus dem Wasser herausgenommen, auf Fließpapier gelegt und mit etwas Kochsalz bestreut. Meist sofort oder spätestens nach einigen Minuten reagierten die Tiere auf diesen Reiz, indem sie einige Tropfen ungeronnenen Blutes von sich gaben. In dieser Weise wurde den Blutegeln jeden dritten Tag Blut entnommen und dasselbe entweder frisch, oder auch nach Antrocknen auf dem als Unterlage dienenden Fließpapier untersucht. Die Untersuchung wurde in der von Uhlenhuth und Beumer für die forensische Praxis angegebenen Weise ausgeführt, d. h. es wurde zu 1,0 ccm einer etwa 1 : 1000 betragenden Verdünnung des aus dem Blutegel stammenden Blutes 0,1 ccm eines spezifischen hochwirksamen Menschenantiserums zugefügt. In jedem Falle trat in den betreffenden Röhrchen ein starker Niederschlag auf, während die Kontrollproben unverändert klar blieben. Die letzte am 20. Juni, also nach über $2^1/_2$ Monaten vorgenommene biologische Untersuchung ergab eine ebenso starke spezifische Reaktion wie die Ende März ausgeführte. Auch bei der mikroskopischen Untersuchung zeigte es sich, daß die roten Blutkörperchen trotz des langen Aufenthaltes in der Leibeshöhle des Blutegels nicht sichtbar gelitten hatten, denn sie waren in ihrer Form und Gestalt vollkommen erhalten. Die Teichmannsche Probe ergab typische Häminkristalle in reichlicher Anzahl. Ebenso war die van Deensche Reaktion und die Wasserstoffsuperoxydprobe positiv. Auch mit Hilfe des Spektralapparates ließ sich Blut mit Leichtigkeit nachweisen. Wir werden die Untersuchungen an diesen Blutegeln fortsetzen und sind jetzt schon davon überzeugt, daß sich der Nachweis von Menschenblut auch noch nach längerer Zeit wird führen lassen. Wir werden später über den Ausfall dieser Versuche berichten.

Gleichzeitig wurden Versuche an Wanzen ausgeführt. Die Tiere wurden einzeln auf den Unterarm eines Menschen gesetzt. Hatten sie sich vollgesogen, so konnte man das Blut als rote Masse im Innern der Wanze durchschimmern sehen. Von 20 in der angegebenen Weise mit Menschenblut gefütterten Wanzen wurde täglich 1 Tier auf die Anwesenheit von Menschenblut untersucht. Wir zerdrückten zu diesem Zwecke die Wanze auf Fließpapier. Ein Teil des auf dem Fließpapier entstandenen Blut-

fleckens wurde mit Hilfe der üblichen chemisch-physikalischen Reaktionen auf Blut untersucht, der Rest wurde für die Präzipitinreaktion verwandt. Da nur winzige Blutflecken für die Untersuchung zur Verfügung standen, wurde die Kapillarmethode angewandt, wie sie von Hauser und Carnwath für forensische Zwecke ausgebildet worden ist. Minimale Mengen der gewonnenen Blutlösung wurden mit einer winzigen Menge Menschen-Antiserum in Kapillarröhrchen überschichtet. An der Berührungsstelle der beiden Flüssigkeiten trat dann bei positivem Ausfall der Reaktion eine deutliche Ringbildung (Präzipitat) auf. Auch mit Hilfe der Methode der Komplementbindung (Neißer-Sachs) erzielten wir positive Resultate. Auf diese Weise konnten wir feststellen, daß sich noch nach 14 Tagen das Menschenblut in den Wanzen nachweisen ließ. Auch die chemische Reaktion auf Blut fiel noch positiv aus. Später als 14 Tage ist uns der Nachweis von Menschenblut in den Wanzen nicht geglückt.

Auf Grund dieser günstigen Resultate wurden weitere Untersuchungen an Menschenflöhen (Pulex irritans) und Menschenläusen (Pediculus capitis und vestimenti) angestellt. Die Tiere wurden, nachdem ihnen längere Zeit die Nahrung entzogen war, auf den Arm gesetzt. Nachdem sie sich vollgesogen hatten, wurde am nächsten Tage die biologische Untersuchung ausgeführt. In jedem Falle gelang es leicht, den sicheren Nachweis von Menschenblut zu erbringen. Die Kontrollversuche, die mit nicht gefütterten Flöhen und Läusen vorgenommen wurden, fielen negativ aus. Die Untersuchungen wurden weiterhin ausgedehnt auf Schweine-, Pferde-, Rinder- und Ziegenläuse. Auch hier gelang es uns in fast allen Fällen, das Blut des in Frage kommenden Wirtstieres biologisch nachzuweisen. Die Reaktionen auf Menschenblut waren negativ.

Auch eine Zecke, Argas reflexus, wurde biologisch untersucht, das in derselben nachgewiesene Blut konnte als Hühnerblut diagnostiziert werden.

Bei der Untersuchung der vom Schaf stammenden, der sogenannten Schaflaus oder Schafzecke (Melophagus ovinus) wurde bei Zusatz von Schafantiserum eine deutliche Reaktion erzielt.

Interessant waren weiterhin unsere biologischen Untersuchungen an Stechmücken. Durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Marinestabsarztes Dr. Mühlens, der bei der Malariabekämpfung in Wilhelmshafen tätig ist, gelangten wir in den Besitz zahlreicher Anopheles- und Culex-Mücken, die vor kurzem in Rinder-, Schweine-, und Ziegenställen gefangen waren; die Mücken waren teils tot, teils lebten sie noch. Wir untersuchten die Mücken, die sämtlich dick vollgesogen waren, ohne die beigefügten Notizen über die Herkunft dieser Tiere zu beachten und konnten mit Hilfe der biologischen Reaktion feststellen, ob sie an Rindern, Schweinen oder Ziegen gesogen hatten. Unser Befund stimmte mit den Angaben von Mühlens vollkommen überein, denn das nachgewiesene Blut entsprach genau dem Fundort (Rinder-, Schweine- oder Ziegenstall). Bei Mücken, die mehrere Tage nach dem Fangen gehungert hatten, konnte das in der Leibeshöhle befindliche Blut noch leicht bestimmt werden.

Bemerkenswert ist noch folgender Befund bei Mücken, die in einem Stall gefangen waren, in denen sich Schweine und eine Ziege befanden. Fast bei allen

Mücken konnten wir Schweine- resp. Ziegenblut biologisch nachweisen. Ebenso konnten wir Menschenblut in einer Mücke feststellen, die am Tage vorher einen Menschen gestochen hatte.

Fassen wir die Resultate unserer Untersuchungen zusammen, so ergibt sich, daß man bei Blutegeln, Wanzen, Flöhen, Läusen und Mücken die Herkunft des von ihnen gesogenen Blutes mit Hilfe der biologischen Reaktion bestimmen kann.

Wir haben also eine Methode in der Hand, um die Art der für diese Tiere in Frage kommenden Blutlieferanten in einfacher Weise zu ermitteln. Es dürfte auf Grund der erzielten Ergebnisse angezeigt sein, diese Methode für epidemiologische Forschungen heranzuziehen.

Besonders würde sie sich eignen zur Entscheidung der noch strittigen Frage, welche Tierarten als Blutlieferanten für die Tsetsefliegen, die Überträger der Tsetsekrankheit, und die Glossina palpalis, den Überträger der Schlafkrankheit, in Betracht kommen.

Literaturverzeichnis.

Koch, R., Schlußbericht über die Tätigkeit der Deutschen Expedition zur Erforschung der Schlafkrankheit. Deutsche med. Wochenschrift 1907, Nr. 46.

Breinl, Kinghorn und Todd, Mem. XXI. Liverpool shool of trop. med. 1906.

Schellack, vergl. Diskussionsbemerkung von Manteufel der Sektion I des Internationalen Hygienekongresses 1907.

Rabinowitsch, M., ebenda.

Manteufel, ebenda.

Möllers, Insekten und Zecken als Krankheitsüberträger für Menschen und Tiere. Berl. klin. Wochenschr. 1908, Nr. 13.

Dönitz, W., Die wirtschaftlich wichtigen Zecken mit besonderer Berücksichtigung Afrikas. Verlag von Johann Ambrosius Barth. Leipzig 1907.

Uhlenhuth und Beumer, Praktische Anleitung zur gerichtsärztlichen Blutuntersuchung mittels der biologischen Methode. Zeitschrift für Medizinalbeamte 1903, 5 u. 6.

Hauser, Über einige Erfahrungen bei Anwendung der serodiagnostischen Methode für gerichtliche Blutuntersuchungen. Münch. med. Wochenschr. 1904, Nr. 7.

Carnwath, Th., Zur Technik der biologischen Untersuchung kleinster Blutspuren. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1908, Bd. 27.

Ende des 3. Heftes.

Abgeschlossen am 22. Juni 1908.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

ARBEITEN

AUS DEM

KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE.

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.)

ACHTUNDZWANZIGSTER BAND.

DRITTES (SCHLUSS-)HEFT.

BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1908.

(Ausgegeben im Juni 1908.)

Inhalts-Verzeichnis.

Fortsetzung auf Seite 4.

Verlag von **Julius Springer** in **Berlin.**

Bis jetzt sind 28 Bände erschienen.

Erster Band.	Preis M. 26,—.	Zwölfter Band.	Preis M. 35,—.
Zweiter Band.	Preis M. 22,—.	Dreizehnter Band.	Preis M. 19,—.
Dritter Band.	Preis M. 30,—.	Vierzehnter Band.	Preis M. 33,—.
Vierter Band.	Preis M. 18,—.	Fünfzehnter Band.	Preis M. 24,—.
Fünfter Band.	Preis M. 28,—.	Sechzehnter Band	Preis M. 24,—.
Sechster Band.	Preis M. 23,—.	Siebzehnter Band.	Preis M. 26,—.
Siebenter Band.	Preis M. 36,—.	Achtzehnter Band.	Preis M. 27,—.
Achter Band.	Preis M. 45,—.	Neunzehnter Band.	Preis M. 32,—.
Neunter Band.	Preis M. 33,—.	Zwanzigster Band.	Preis M. 28,—.
Zehnter Band.	Preis M. 35,—.	Einundzwanzigster Band.	Preis M. 30,—.
Elfter Band.	Preis M. 30,—.	Zweiundzwanzigster Band.	Preis M. 36,—.

Dreiundzwanzigster Band. — Mit 2 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 22,—.**

1. Ergebnisse der Weinstatistik für 1903. Einleitung. Von Dr. A. Günther. — Berichte der staatlichen Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der weinstatistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
2. Ergebnisse der Moststatistik für 1904. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
3. Dr. Th. Paul und Dr. A. Günther, Untersuchungen über den Säuregrad des Weines auf Grund der neueren Theorien der Lösungen. 1. Abhandlung: Theoretische Betrachtungen über den Säuregrad des Weines und die Methoden zu seiner Bestimmung.
4. Dr. O. Sackur, Zur Kenntnis der Kupfer-Zinklegierungen. Auf Grund von gemeinsam mit Dr. P. Maae und Dr. A. Siemens ausgeführten Versuchen.
5. Dr. P. Waentig, Über den Gehalt des Kaffeegetränkes an Koffein und die Verfahren zu seiner Ermittelung.
6. Dr. Th. Paul, Dr. W. Ohlmüller, Dr. Heise u. Dr. Auerbach, Untersuchung über die Beschaffenheit des zur Versorgung der Haupt- und Residenzstadt Dessau benutzten Wassers, insbesondere über dessen Bleilösungsfähigkeit.
7. Dr. R. Kühn, Über den Nachweis und die Bestimmung kleinster Mengen Blei im Wasser.
8. Über das Wesen und die Verbreitung der Wurmkrankheit (Ankylostomiasis) mit besonderer Berücksichtigung ihres Auftretens in deutschen Bergwerken. Unter Mitwirkung von Dr. Löbker u. Dr. H. Bruns bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamte.
9. Dr. S. v. Prowazek, Untersuchungen über den Erreger der Vaccine. II.
10. F. Koske, Der Bacillus pyocyaneus als Erreger einer Rhinitis und Meningitis haemorrhagica bei Schweinen. (Ein Beitrag zur Ätiologie der Schnüffelkrankheit.)
11. Dr. S. v. Prowazek, Morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Hühnerspirochaeten. Anhang: Beschreibung von Spirochaeta anodontae nov. spec. Von Dr. Keysselitz. Mit 2 Tafeln.
12. Dr. E. von Dungern u. Dr. H. Smidt, Über die Wirkung der Tuberkelbazillenstämme des Menschen und des Rindes auf anthropoide Affen.

Vierundzwanzigster Band. — Mit 4 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 23,—.**

1. Dr. Klinger, Über neuere Methoden zum Nachweise des Typhusbazillus in den Darmentleerungen.
2. Dr. L. Stühlinger, Über einen Ersatz der lebenden Bakterienkulturen zur Beobachtung des Agglutinationsphänomens.
3. Dr. M. Herford, Das Wachstum der zwischen Bacterium coli und Bacillus typhi stehenden Spaltpilze auf dem Endoschen Fuchsinagar.
4. Dr. v. Drigalski, Über ein Verfahren zur Züchtung von Typhusbazillen aus Wasser und ihren Nachweis in Brunnenwasser.
5. Dr. Seige u. Dr. Gundlach, Die Typhus-Epidemie in W. im Herbst 1903. Mit 1 Tafel.
6. Dr. Matthes u. Dr. Gundlach, Eine Trinkwasserepidemie in R. Mit 1 Tafel.
7. Dr. P. Klinger, Über Typhusbazillenträger.
8. Dr. H. Conradi, Über den Zusammenhang zwischen Endemien und Kriegsseuchen in Lothringen.
9. Dr. Matthes u. Dr. G. Neumann, Eine Trinkwasserepidemie in S.
10. Dr. M. Beck u. Dr. W. Ohlmüller, Die Typhus-Epidemie in Detmold im Herbst 1904. Gutachten im amtlichen Auftrage erstattet. Mit 1 Tafel.
11. Dr. K. Olbrich, Die Typhusepidemie in G. im Winter 1903/04.
12. Dr. H. Kayser, Milch und Typhusbazillenträger.
13. Dr. H. Kayser, Über die Gefährlichkeit von Typhusbazillenträgern.
14. F. Koske, Die Beziehungen des Bacillus pyogenes suis zur Schweineseuche.
15. Dr. Xylander, Ein bei Ratten gefundenes Bakterium der Friedländerschen Gruppe.
16. R. Gonder (Rovigno), Achromaticus vesperuginis (Dionisi). Mit 1 Tafel.
17. Dr. F. Bock, Zur Typhusdiagnose.
18. Dr. F. Bock, Untersuchungen über Bakterien aus der Paratyphusgruppe.
19. Dr. Beck, Über einen Fruchtäther bildenden Mikrokokkus (Micrococcus esterificans).
20. Dr. A. Siemens, Untersuchungen über roten Phosphor.
21. F. Koske, Untersuchungen über Schweinepest.
22. Ergebnisse der Weinstatistik für 1904. Einleitung. Von Dr. A. Günther. Berichte der staatlichen Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der statistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
23. Ergebnisse der Moststatistik für 1905. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kais. Gesundheitsamte.
24. Dr. E. Baur und Dr. H. Barschall, Beiträge zur Kenntnis des Fleischextraktes.
25. Dr. E. Baur und Dr. E. Polenske, Über ein Verfahren zur Trennung von Stärke und Glykogen.

Fünfundzwanzigster Band. — Mit 2 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 20,—.**

1. Dr. Tjaden u. Baurat Graepel, Die Bremischen Abwässer und ihre Beseitigung. Gutachten der Deputation für das Gesundheitswesen und der Baudeputation, Abt. Straßenbau. Mit 2 Tafeln.
2. Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung. XIX. Gutachten des Reichsgesundheitsrates, betr. die Reinigung der Kanalisationswässer der Stadt Bad Harzburg in einer nach dem biologischen Verfahren eingerichteten Kläranlage und die Einleitung der gereinigten Abwässer in die Radau. Berichterstatter: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Loeffler, Mitberichterstatter: Geh. Regierungsrat Dr. Kerp.
3. Dr. R. Lauterborn, Bericht über die Ergebnisse der vom 2.—14. Okt. 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke Basel-Mainz.
4. Dr. Marsson, Bericht über die Ergebnisse der vom 14.—21. Okt. 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke Mainz bis Coblenz.
5. Dr. F. Neufeld u. Dr. Hüne, Untersuchungen über baktericide Immunität und Phagocytose nebst Beiträgen zur Frage der Komplementablenkung.
6. Dr. W. Gaehtgens, Über die Bedeutung des Vorkommens der Paratyphusbazillen (Typus B).
7. Dr. G. Neumann, Blasenkatarrh bei leichtem Unterleibstyphus.
8. Dr. Klinger, Die Untersuchungen der Straßburger bakteriologischen Anstalt für Typhusbekämpfung in der Zeit vom 1. Okt. 1903 bis 30. Sept. 1905.
9. Dr. W. Gaehtgens, Beitrag zur Agglutinationstechnik.
10. Dr. H. Kayser, Über Untersuchungen bei Personen, die vor Jahren Typhus durchgemacht haben, und die Gefährlichkeit von „Bazillenträgern“.
11. Dr. O. Kurpjuweit, Über den Nachweis von Typhusbazillen in Blutgerinnseln.
12. Dr. E. Levy und Dr. W. Gaehtgens, Der Typhusbazillus in Bakteriengemischen.
13. Dr. Fornet, Zur Frage der Beziehungen zwischen Typhus und Paratyphus.
14. Dr. E. Levy und Dr. W. Gaehtgens, Über die Beziehungen des Paratyphus zum Typhus.
15. Dr. E. Levy und Dr. H. Kayser, Befunde bei der Autopsie eines Typhusbazillenträgers. — Autoinfektion. — Über die Behandlung der Leiche.
16. Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung. XX. Gutachten des Reichsgesundheitsrates über den Einfluß der

Fortsetzung auf Seite 4.

Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller. Berichterstatter: Geh. Reg.-Rat Dr. Ohlmüller, Mitberichterstatter: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. C. Fränkel, Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Gaffky. Unter Mitwirkung von: Geh. Oberbaurat Dr. Ing. Keller, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Orth u. Prof. Dr. Hofer.

17. Gutachten des Reichsgesundheitsrats über das Auftreten des Milzbrandes unter dem Rindvieh im Schmeiegebiet und über den Zusammenhang dieses Auftretens mit der Verunreinigung des Schmeiebaches durch Abwässer von Gerbereien in der Stadt Ebingen. Berichterstatter: Geh. Hofrat Prof. Dr. Gärtner, Mitberichterstatter: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Dammann.

18. Dr. Xylander, Beiträge zur Desinfektion von milzbrandhaltigen Häuten.

19. Dr. W. Lange, Untersuchung von Samen der Mondbohne, Phaseolus lunatus L.

20. R. Gonder, Beitrag zur Lebensgeschichte von Strongyloiden aus dem Affen und dem Schafe.

21. Dr. J. Neufeld und Dr. v. Prowazek, Untersuchungen über die Immunitätserscheinungen bei der Spirochaetenseptikämie der Hühner und über die Frage der Zugehörigkeit der Spirochaeten zu den Protozoen.

22. Dr. E. Polenske, Über den Wassergehalt im Schweineschmalz.

Sechsundzwanzigster Band. — Mit 10 Tafeln und Abbildungen im Text. — Preis M. 29,—.

1. Dr. Uhlenhuth u. Dr. Haendel, Vergleichende Untersuchungen über die Spirochaeten der in Afrika, Amerika und Europa vorkommenden Rekurrenserkrankungen. Mit 1 Tafel.
2. Dr. Fr. Schaudinn, Zur Kenntnis der *Spirochaeta pallida* und anderer Spirochaeten. (Aus dem Nachlaß Schaudinns herausgegeben von Dr. M. Hartmann und Dr. S. v. Prowazek.) Mit 2 Tafeln.
3. Von der unter Leitung des Geheimen Medizinalrates Professor Dr. A. Neißer nach Java veranstalteten Expedition zur Erforschung der Syphilis:
   Dr. S. v. Prowazek, Vergleichende Spirochaetauntersuchungen. Mit 1 Tafel. — Dr. S. v. Prowazek, Untersuchungen über Hämogregarinen. Mit 1 Tafel. — L. Halberstaedter und S. v. Prowazek, Untersuchungen über die Malariaparasiten der Affen. Mit 1 Tafel. — L. Halberstaedter und S. v. Prowazek, Über Zelleinschlüsse parasitärer Natur beim Trachom. — Dr. L. Halberstaedter, Weitere Untersuchungen über Framboesia tropica an Affen.
4. Dr. S. v. Prowazek, Untersuchungen über die Vaccine III.
5. Dr. Xylander, Versuche mit einem neuen Formalin-Desinfektionsverfahren „Autanverfahren".
6. Dr. Th. Paul u. Dr. Fr. Prall, Die Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln mit Staphylokokken, die bei der Temperatur der flüssigen Luft aufbewahrt wurden.
7. Dr. A. Kraus, Untersuchungen über Desinfektionsmittel. I. Das hydrindensulfosaure Natrium als Lösungsmittel für Kresole. — II. Über die Wirkung einiger Desinfektionsmittel bei niederer Temperatur (Frostwetter).
8. Dr. Bickel und Dr. A. Kraus, Versuche über die desinfizierende Wirkung von Saprol-Leinölkresol- und Petroleumkresol-Präparaten auf flüssiges infektiöses Material.
9. Dr. Xylander, Desinfektionsversuche mit zwei neueren Formaldehydpräparaten Festoform und Formobor.
10. Dr. Hüne, Untersuchungen über Bakterizidie im Reagensglase.
11. Dr. W. Gaethgens, Erfahrungen über den Wert der Gruber-Widalschen Reaktion für die Typhusdiagnose.
12. Dr. W. Kerp u. Dr. E. Baur, Zur Kenntnis der gebundenen schwefligen Säuren. II. Abhandlung. — III. Abhandlung: Über glukoseschweflige Säure.
13. Dr. W. Kerp u. Dr. E. Baur, Über die elektrolytische Dissoziationskonstante der schwefligen Säure.
14. Dr. F. Stuhlmann, Beiträge zur Kenntnis der Tsetsefliege (*Glossina fusca* u. *Gl. tachinoides*). Mit 4 Tafeln.
15. Dr. M. Pleißner, Über die Löslichkeit einiger Bleiverbindungen im Wasser.
16. Dr. Ed. Polenske, Über den Nachweis einiger tierischer Fette in Gemischen mit anderen tierischen Fetten.
17. Dr. P. Waentig, Die Peroxydasereaktionen der Kuhmilch mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung zum Nachweise stattgehabter Erhitzung der Milch.
18. Dr. Neufeld und Dr. Haendel, Beitrag zur Beurteilung der El Tor-Vibrionen.

Siebenundzwanzigster Band. — Mit 6 Tafeln und Abbildungen im Text. — Preis M. 30,—.

1. Ergebnisse der amtlichen Weinstatistik. Berichtsjahr 1905/1906. Teil I. Weinstatistische Untersuchungen. Einleitung. Von Dr. A. Günther. — Berichte der Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der weinstatistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte. Teil II. Moststatistische Untersuchungen. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
2. Dr. Fr. Auerbach u. Dr. H. Barschall, Studien über Formaldehyd. II. Mitteilung. Die festen Polymeren des Formaldehyds.
3. Dr. Uhlenhuth und Dr. Groß, Untersuchungen über die Wirkung des Atoxyls auf die Spirillose der Hühner.
4. Dr. Uhlenhuth, Dr. Hübner und Dr. Woithe, Experimentelle Untersuchungen über Dourine mit besonderer Berücksichtigung der Atoxylbehandlung. Mit 4 Tafeln.
5. Dr. R. Gonder, Atoxylversuche bei der Piroplasmose der Hunde.
6. Dr. F. Neufeld und Dr. Bickel, Über cytotoxische und cytotrope Serumwirkungen.
7. Dr. Manteufel, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Rekurrensspirochaeten und ihrer Immunsera.
8. Dr. C. Schellack, Morphologische Beiträge zur Kenntnis der europäischen, amerikanischen und afrikanischen Rekurrensspirochaeten. Mit 1 Tafel.
9. Dr. Th. Carnwath, Zur Ätiologie der Hühnerdiphtherie und Geflügelpocken.
10. Dr. Th. Carnwath, Zur Technik der biologischen Untersuchung kleinster Blutspuren.
11. Dr. R. Gonder, Studien über die Spirochaete aus dem Blute von Vesperugo Kuhlii, Keys. u. Blas. (Natterer). Mit 1 Tafel.
12. Dr. F. Neufeld, Über die Ursachen der Phagocytose.
13. Dr. Uhlenhuth, Dr. Hübener, Dr. Xylander und Dr. Bohtz, Untersuchungen über das Wesen und die Bekämpfung der Schweinepest.

Achtundzwanzigster Band. — Heft 1. — Preis M. 9,—.

1. Dr. R. Lauterborn, Bericht über die Ergebnisse der 2. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz (30. April bis 12. Mai 1906).
2. Dr. Marsson, Bericht über die Ergebnisse der 2. am 12. und vom 16. bis zum 22. Mai 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Weisenau-Mainz bis Koblenz-Niederwerth.
3. Dr. R. Lauterborn, Bericht über die Ergebnisse der 3. biologischen Untersuchung des Oberrheins auf der Strecke Basel-Mainz vom 9. bis 22. August 1906.
4. Dr. Marsson, Bericht über die Ergebnisse der 3. vom 15. bis zum 22. August 1906 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Koblenz.
5. Dr. F. Neufeld, Beitrag zur Kenntnis der Phagocytose und der Herkunft des Komplements.
6. Dr. R. Gonder, Beobachtungen über die endemische Lues in Bosnien.
7. Dr. Xylander, Der Ratinbazillus als Rattenvertilgungsmittel.
8. Dr. E. Levy und Dr. W. Gaehtgens, Über die Verbreitung der Typhusbazillen in den Lymphdrüsen bei Typhusleichen.
9. Dr. Manteufel, Untersuchungen über spezifische Agglomeration und Komplementbindung bei Trypanosomen und Spirochaeten.
10. Dr. F. Neufeld und Dr. Händel, Über Komplementbindung und Komplementablenkung bei 0° und bei 37°.
11. Dr. Schröder, Über den Nachweis und die quantitative Bestimmung von Reisspelzen in Futtermitteln.
12. Dr. Fr. Franz u. Dr. G. Sonntag, Die Ausscheidung der schwefligen Säure beim Menschen in Versuchen mit schwefligsaurem Natrium und mit den Natriumsalzen gebundener schwefliger Säuren.

Achtundzwanzigster Band. — Heft 2. — Mit 1 Tafel. — Preis M. 7,40.

1. Gutachten des Reichsgesundheitsrates, betreffend die Verunreinigung der Orla und Kötschau durch gewerbliche Abwässer. Berichterstatter: Geh. Ober-Reg.-Rat Prof. Dr. v. Buchka; Mitberichterstatter: Geh. Medizinalrat, Ministerialrat Prof. Dr. Renk. (Mit 1 Tafel.)
2. Gutachten des Reichsgesundheitsrates über die Ableitung cyanhaltiger Abwässer der Zuckerraffinerie zu Dessau in die Elbe. Berichterstatter: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Rubner; Mitberichterstatter: Geh. Ober-Reg.-Rat Prof. Dr. v. Buchka.
3. Dr. Haendel, Zur Differenzierung der Ruhrbakterien mittels der Agglutination, der Komplementablenkung und der bakteriotropen Immunserumwirkung.
4. Dr. E. Baumann, Bazillenträger und Typhusverbreitung.
5. Dr. A. Hirschbruch, Die experimentelle Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbazillus durch die Stoffwechselprodukte des Pyocyaneusbazillus.
6. Dr. Woithe, Eine Präzisionssaugvorrichtung für Meßpipetten.
7. Dr. Herm. Barschall, Über das Molekulargewicht des im Koniferenhonig vorkommenden Dextrins.
8. Dr. P. Rasenack, Über die Süßstoffe des Eupatorium Rebaudianum und des Süßholzes.
9. Dr. M. Pleißner, Eine neue Tauchelektrode.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.